

Toni Kristian Tamsi

# VERKKOKATKAISIJA-ASEMAN LIITTÄ- MINEN MICROSCADA- KÄYTÖNVALVONTAJÄRJESTELMÄÄN

Tekniikka ja liikenne

2010

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty ABB Oy:n Sähkönjakelun automaatiojärjestelmän-liiketoimintayksikölle osana Vaasan ammattikorkeakoulun tekniikan ja liikenteen yksikön sähkötekniikan koulutusohjelmaa.

Haluan osoittaa kiitokset opinnäytetyön valvojalleni ABB:n puolelta suunnittelu-päällikkö Tapio Vainiolle, joka antoi minulle mahdollisuuden tehdä tämän opinnäytetyön. Haluan myös kiittää opinnäytetyön ohjaavana opettajana Vaasan ammattikorkeakoululta toiminutta sähkötekniikan lehtoria Jari Koskea, jolta olen saanut neuvoja ja ohjausta päättötyön edetessä.

Erityiskiitokset kuuluvat ABB:n projekti-insinööri Achim Behrille, jolta sain paljon apua Visual SCIL-ohjelmointikielen käytössä ja opinnäytetyössä tehdyn dialogin toteutuksessa. Lisäksi haluan osoittaa kiitokseni kaikille henkilöille, joilta olen saanut arvokkaita neuvoja ja apua opinnäytetyön tekemisessä.

Vaasa 24.8.2010

Toni Tamsi

## VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

## Sähkötekniikan koulutusohjelma

**TIIVISTELMÄ**

Tekijä	Toni Tamsi
Opinnäytetyön nimi	Verkkokatkaisija-aseman liittäminen MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmään
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	90 + 1 liitettä
Ohjaaja	Jari Koski

---

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi ABB Oy Sähkönjakelun automaatiojärjestelmät-yksikkö.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda dokumentti, joka kokoaa yksiin kansiin tiedot jakeluverkon keskeytyksien yleisimmistä syistä, keinoista keskeytysten vähentämiseksi, keskijänniteverkon suojausperiaatteista sekä verkostoautomaation liikennöintiprotokolla ja tiedonsiirtovaihtoehtoihin liittyvistä asioista. Työn pääasiallisena tarkoituksena ja tavoitteena on verkkokatkaisija-aseman liittäminen MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmään. Tarkemmin työssä perehdytään REC 523-kauko-ohjausyksikköön ja MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmään.

Opinnäytetyössä käytetyt lähdemateriaalit ovat pääosin koostuneet kirjallisista lähteistä ja elektronisista julkaisuista. Kirjallinen lähdemateriaali pohjautuu suurelta osin ABB:n eri järjestelmien ja laitteiden manuaaleihin. Opinnäytetyössä käytettävät ohjelmat ja järjestelmät ovat ABB:n tekemiä.

Opinnäytetyön tuloksena toteutui dokumentti, joka pitää sisällään tiedot verkkokatkaisija-aseman liittämisestä MicroSCADAan. Käytännön toteutuksena työssä luotiin Visual SCIL-dialogi. Luotu dialogi on suunnattu käytettäväksi katkaisijasemilla, joissa ohjausyksikkönä toimii REC 523.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

## ABSTRACT

Author	Toni Tamsi
Title	Connecting a Sectionalising Circuit Breaker Station into the ABB MicroSCADA Control System.
Year	2010
Language	Finnish
Pages	90 + 1 Appendix
Name of Supervisor	Jari Koski

---

This thesis was commissioned by the Substation Automation Systems of ABB Oy in Vaasa.

The purpose of this thesis was to create a document which includes information on the main reasons of electricity distribution network failures, ways to reduce the number of power supply failures, principles of the medium voltage network protection and, protocol and data communications options related issues. The main purpose was the connecting of a sectionalising circuit breaker station into the ABB MicroSCADA control system. More specifically, the work focuses on remote control unit REC 523 and MicroSCADA control system.

The source materials used in thesis were based on written material and electronic publications. The written materials were based mainly on ABB's own system and device manuals. Software and systems used in thesis are made by ABB.

As a result of thesis there is a document which includes information about the connection of a sectionalising circuit breaker station connecting into the ABB MicroSCADA control system. Thesis practical implementation was to create Visual SCIL dialog. Created dialog is targetted for use in the circuit breaker stations, where the remote control unit REC 523 operates.

---

Keywords	MicroSCADA, Sectionalising Circuit Breaker Station, REC 523, Visual SCIL
----------	--

## SISÄLLYS

ALKUSANAT .....	2
TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
KUVALUETTELO .....	8
TAULUKKOLUETTELO .....	11
KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET .....	12
1 JOHDANTO .....	14
1.1 Opinnäytetyön kuvaus ja tavoitteet .....	14
1.2 ABB .....	15
1.2.1 Sähkönjakelun automaatiojärjestelmät .....	15
2 SÄHKÖNJAKELUVERKON KESKEYTYKSET JA NIITÄ KOSKEVAT SÄÄNNÖKSET .....	16
2.1 Sähköverkon keskeytykset .....	16
2.1.1 Keskeytysten luokittelu .....	17
2.2 Sähköviranomaisille ilmoitettavat tunnusluvut .....	18
2.2.1 Jakelualuekohtaiset tunnusluvut .....	19
2.2.2 Muuntopiirin tunnusluvut .....	20
2.3 Regulaattorin sääntely .....	22
2.3.1 Energiamarkkinaviraston laatima valvontamalli .....	22
2.3.2 Sähkötoimituksen keskeytyksestä aiheutuva haitta .....	23
2.3.3 Keskeytyskustannusten vertailutason määrittäminen .....	24
3 KESKEYTYKSESTÄ AIHEUTUVIEN HAITTOJEN VÄHENTÄMINEN SÄHKÖNJAKELUVERKON SUOJAUSVYÖHYKKEITÄ LISÄÄMÄLLÄ ...	25
3.1 Vyöhykekonseptin toimintaperiaate .....	25
3.2 Vyöhykekonseptin toteutusvaihtoehdot .....	26
3.2.1 Kevyt sähköasema .....	27
3.2.2 Vyöhykekatkaisijat .....	27
3.2.3 1000 Voltin pienjännitejakeluverkko .....	28
3.3 Vyöhykekonseptin edut .....	28

3.4 Verkkokatkaisijoiden käyttö verkossa.....	29
3.4.1 Maavarainen verkkokatkaisija-asema .....	29
3.4.2 Pylväsasennettu verkkokatkaisija .....	30
3.4.3 Verkkokatkaisijoiden kannattavuus .....	31
3.4.4 Verkkokatkaisija ABB:n tuotevalikoimasta .....	32
4 VYÖHYKEKONSEPTIN VAATIMA ALA-ASEMA TOIMINNALLISUUS .....	35
4.1 Suojaus-, valvonta- ja ohjausyksikkö REC 523 .....	35
4.1.1 Sovelluskohteet ja toiminnallisuus .....	35
4.1.2 Mittaus- ja kunnonvalvontatoiminnot.....	36
4.1.3 Suojaustoiminnot .....	37
4.1.4 Ohjaustoiminnot.....	38
4.1.5 Tietoliikenne .....	39
4.2 Valvomoiden väliset liikennöintiprotokollat .....	40
4.2.1 IEC 60870-5-101 .....	40
4.2.2 IEC 60870-5-104 .....	41
4.2.3 DNP 3.0.....	42
4.3 Kaukokäyttökommunikointi.....	42
4.3.1 Viola Arctic IEC-104 GW .....	43
4.3.2 Radiomodeemi Sateline .....	45
5 KATKAISIJA-ASEMAN KONFIGUROIINTI JA LIITYNTÄ KÄYTÖNVALVONTAAN.....	47
5.1 Ala-aseman konfigurointi .....	47
5.1.1 Katkaisijan ohjaus .....	51
5.1.2 Suojaukset .....	52
5.2 MicroSCADAn rakenne .....	53
5.2.1 Sovellusohjelmat.....	54
5.2.2 Sovelluskohteet .....	55
5.3 REC 523-yksikön liittäminen MicroSCADAan.....	56
5.3.1 Kommunikaatiojärjestelmän konfigurointi .....	57
5.4 Prosessikohteiden luonti .....	59

5.4.1	Prosessipisteiden määrittäminen	61
6	KATKAISIJA-ASEMAN DIALOGI	63
6.1	Dialogin toiminnallisuuden määrittäminen	63
6.2	Visual SCIL	63
6.3	Dialogin käyttö ja toiminnallisuus	64
6.3.1	Dialogin avaaminen ja nimeämistoiminnot	64
6.3.2	Mittaukset	69
6.3.3	Hälytykset	71
6.3.4	Suojauksien ohjaukset	73
7	OIKO- JA MAASULKUVIKOJEN LASKENNALLINEN PAIKANTAMINEN	78
7.1	Vianpaikannuksen toimintaperiaate	78
7.2	REC 523-yksikön vianpaikannus	78
7.2.1	Prosessipistepohjainen toteutuspa	78
7.2.2	Vikavirta-arvojen lukeminen suoraan suojaustoimilohkoilta	84
8	YHTEENVETO	86
9	LOPPUSANAT	87
	LÄHDELUETTELO	88
	LIITTEET	91
	LIITE 1 MicroSCADAn tietokantaan luodut prosessipisteet	91

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Jännite keskeytyksessä .....	16
Kuva 2. Keskeytysluokittelu .....	18
Kuva 3. Vyöhykekonseptin periaatekuva. ....	26
Kuva 4. Verkkokatkaisijan lisääminen verkkoon .....	28
Kuva 5. Maavarainen verkkokatkaisija-asema .....	30
Kuva 6. Pylväskatkaisijan vaikutus johtolähdön haarajohdon vikaantuessa .....	31
Kuva 7. ABB:n OVR-verkkokatkaisija sijoitettuna pylvääseen .....	32
Kuva 8. REC 523-yksikkö .....	35
Kuva 9. REC 523-yksikköön perustuva valvonta – ja kauko-ohjausjärjestelmä..	36
Kuva 10. REC 523-yksikön tiedonsiirtomenetelmät .....	43
Kuva 11. Violan kommunikointi käytönvalvontaan .....	44
Kuva 12. Ala-aseman ohjainkaappi .....	47
Kuva 13. OVR-verkkokatkaisija.....	48
Kuva 14. REC 523-yksikön liitännät .....	48
Kuva 15. Ledien indikoinnit .....	49
Kuva 16. Protokolla-asettelut.....	50
Kuva 17. Link Handler-asettelut .....	50
Kuva 18. IEC 101-kommunikointiasettelut .....	50
Kuva 19. Katkaisijan ohjaustoimilohko .....	51



Kuva 20. Suojauksien lukitustoimilohko .....	52
Kuva 21. Jälleenkytkentöjen toimilohko.....	53
Kuva 22. Sammutetun verkon toimilohko .....	53
Kuva 23. MicroSCADAn rakenne .....	54
Kuva 24. Linjan konfigurointi.....	57
Kuva 25. Aseman konfigurointi .....	58
Kuva 26. Linjan toimintalaskuri .....	58
Kuva 27. Aseman toimintalaskuri.....	58
Kuva 28. Prosessikohteen luonti asemalle .....	60
Kuva 29. Prosessikohteiden luonti katkaisijalle.....	61
Kuva 30. Prosessikohteen määrittästyökalu.....	62
Kuva 31. Painonapille aseteltavat määritykset.....	64
Kuva 32. Nimeämistoimintoihin liittyvä ohjelmaosuus .....	65
Kuva 33. Dialogin yläpalkki .....	65
Kuva 34. Ilmoitus virheellisestä nimeämisestä.....	66
Kuva 35. GI ja sulje-painike .....	67
Kuva 36. Yleiskysely .....	67
Kuva 37. Metodien määrittäminen .....	68
Kuva 38. Tapahtumakanava.....	68
Kuva 39. Mittaukset-välilehden sisältö.....	70

Kuva 40. Mittaustietojen luku .....	71
Kuva 41. Desimaalien määrittäminen .....	71
Kuva 42. Hälytykset-välilehden sisältö.....	73
Kuva 43. Suojausten lukitusten ohjaus .....	75
Kuva 44. Suojaukset-välilehden toiminta .....	76
Kuva 45. Suojaukset vikatilanne.....	77
Kuva 46. Lopullisen laukaisun tapahtumakanava.....	79
Kuva 47. Yleiskyselykäsky lopullisen laukaisun tapahduttua .....	80
Kuva 48. Lopullisen laukaisun prosessipisteet .....	81
Kuva 49. Vikatyypin päättely .....	81
Kuva 50. Vikavirtojen prosessipisteet.....	82
Kuva 51. Vikavirta-arvojen haku prosessipisteiltä .....	82
Kuva 52. Vikapaketin tiedot .....	83
Kuva 53. Vikatilanteen tiedot .....	83
Kuva 54. Muistirekisteri.....	85

**TAULUKKOLUETTELO**

Taulukko 1. OVR-verkkokatkaisijan nimellisarvot	33
Taulukko 2. REC 523-yksikön mittaustoiminnot	37
Taulukko 3. REC 523-yksikön suojaustoiminnot	38
Taulukko 4. REC 523-yksikön ohjaustoiminnot	39
Taulukko 5. Mittaussignaalit	69
Taulukko 6. Hälytyssignaalit	72
Taulukko 7. Suojaussignaalit	74

## KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

AJK	Aikajälleenkytkentä
ASDU	Application Service Data Unit. IEC 60870-5-101 protokollan sovellustason PDU-kehys
CAP 505	Releiden konfigurointityökalu
DNP 3	Distributed Network Protocol 3. Yksi käytönvalvontajärjestelmissä käytettävistä protokollista
EMV	Energiamarkkinavirasto
GI	General Interrogation. Yleiskysely
GPRS	General Packet Radio Service. Matkapuhelinverkossa käytettävä tiedonsiirtotekniikka
IEC	International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen standardointiorganisaatio
IEC 101	Sarjaliikenteinen käytönvalvontaprotokolla. Lyhenne IEC 60870-5-101 protokollasta
IEC 104	Nykyaikaisissa IP-verkoissa käytettävä käytönvalvontaprotokolla. Lyhenne IEC 60870-5-104 protokollasta
IED	Intelligent Electronic Device. Älykäs kenttälaitte, jota käytetään sähköjakeluautomaatiojärjestelmissä
KAH	Keskeytyksestä aiheutunut haitta
KJ-verkko	Keskijännitejakeluverkko, jännite järjestelmästä ja käytännöstä riippuen 3-100 kV

LAN	Local Area Network. Paikallinen tietokoneverkko työ- asemien ja palvelimien väliselle kommunikoinnille
LON	Local Operating Network. Echelonin kehittämä kenttäväylä
MicroSCADA	ABB:n kehittämä käytönvalvontajärjestelmä
PJK	Pikajälleenkytkentä
RS 232	Recommended Standard 232. Tietoliikenneväylä, jossa data siirtyy yksi bitti kerrallaan sarjamuotoisena
RS 485	Recommended Standard 485. Differentiaalinen sarjaväylä, johon voi liittyä useita väylälaitteita samanaikaisesti
RTU	Remote terminal unit. Yleisnimitys käytönvalvontajärjes- telmien ala-asemille
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition system. Käytön- valvontajärjestelmä
SCIL	Supervisory Control Implementation Language. MicroS- CADA-järjestelmien sovellusohjelmointikieli
SPA	ABB:n kehittämä ala-asematason liikennöinti-protokolla
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol. Usean Internet-liikennöintiin käytettävän tietoverkkoprotokollan yhdistelmä
Visual SCIL	MicroSCADAn käyttämä ohjelmointikieli, jota käytetään käyttöliittymien tekoon sekä visuaaliseen tarkoitukseen
VPN	Virtual Private Network. Etäyhteystekniikasta käytettävä nimitys
WAN	Wide Area Network. Etäverkko.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyön kuvaus ja tavoitteet

Ympäröivä yhteiskunta on nykyisin entistä riippuvaisempi häiriöttömästä sähkönjakelusta. Tästä syystä sähkönjakelun luotettavuus ja toimitusvarmuus on ollut viime aikoina merkittävässä asemassa sekä laajan keskustelun kohteena. Alueellista jakeluverkkotoimintaa ohjaamaan on kehitetty valvontamalli, jonka tarkoituksena on kannustaa verkonhaltijaa oman toimintansa kustannustehokkaaseen kehittämiseen. Viime aikoina Suomessa onkin lisääntyvässä määrin alettu käyttää ns. pylväskatkaisijoita keskijänniteverkon jakamiseen pienempiin suojausalueisiin, katkaisijoilla saadaan sähkönjakelun luotettavuus paremmalle tasolle. Älykäden sähköverkkojen ja katkaisija-asemien lisääntynyt kysyntä ja käyttö muodostivat tarpeen opinnäytetyön tekemiselle. Opinnäytetyön pääasiallisena tavoitteena on verkkokatkaisija-aseman liittäminen käytönvalvontajärjestelmä MicroSCADAan, kun kauko-ohjausyksikkönä toimii REC 523. Tässä työssä luodaan myös kyseiseen käyttötarkoitukseen soveltuva dialogi.

Opinnäytetyön alku koostuu teoreettisesta osuudesta, joka pitää sisällään kolme kappaletta. Ensimmäisessä osuudessa käydään läpi sähkönjakeluverkon yleisimpiä keskeytyksen syitä sekä niihin liittyviä säännöksiä ja viranomaisvalvontaa. Toinen osuus käsittelee keskeytyksistä aiheutuvien haittojen vähentämiskeinoja. Kappaleessa 3 esitellään ABB:n kehittämä vyöhykekonsepti, jonka yhtenä toteutustapana on jakaa sähkönjakeluverkko suojausvyöhykkeisiin verkkokatkaisijoilla. Kolmannessa osuudessa käydään läpi vyöhykekonseptin vaatimaa ala-aseman toiminnallisuutta, joka koostuu REC 523-yksikön toiminnallisuuteen sekä tiedonsiirtoprotokolla- ja kaukokäyttökommunikointivaihtoehtoihin liittyvistä asioista.

Opinnäytetyön käytännön osuus koostuu seuraavista osa-alueista. Aluksi selvitetään OVR-verkkokatkaisijan ala-asemana toimivan REC 523-yksikön konfiguraatioon liittyviä toimilohkoja ja asetteluja. Seuraavana käsitellään REC 523-yksikön liittämistä MicroSCADAan käyttäen IEC-101-protokollaa sekä prosessikohteiden luontia ja prosessipisteiden määrittystä tietokantaan. Työn kuudes kappale pitää

sisällään käytännön toteutuksena syntyneen katkaisija-aseman dialogin toiminnallisuuden ja käytön esittelyn esimerkkien sekä kuvakaappauksien avulla. Testauksessa käytetyt REC 523-yksikkö ja OVR-verkkokatkaisija olivat toimeksiantajan tiloissa, joten toimivuuden testaus pystyttiin suorittamaan käyttötarkoituksen mukaisilla laitteilla. Lopuksi työn viimeisessä osuudessa käydään läpi oiko- ja maasulkuvikojen laskennallinen paikantaminen. Kappaleessa 7 on selvitetty REC 523-yksikön vianpaikannukseen ja vikatietojen hakemiseen liittyvät kaksi eri toteutustapaa.

## **1.2 ABB**

ABB on maailmanlaajuisesti toimiva sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtiö. ABB:n palveluksessa on yli 117 000 henkilöä noin 100 maassa. Suomesta toimintaa löytyy noin 40 paikkakunnalta. ABB:n ydinliiketoiminta jakautuu viiteen eri divisioonaan. Nämä divisioonat ovat: sähkövoimatuotteet, sähkövoimajärjestelmät, automaatiotuotteet, prosessiautomaatio ja robotit. /12/

### **1.2.1 Sähkönjakelun automaatiojärjestelmät**

ABB:n sähkövoimaratkaisut ovat avainasemassa luotettavassa sähkönsiirrossa, jakelussa ja automaatioissa. ABB:n sähkövoimatuotteet, -järjestelmät sekä palvelut auttavat valvomaan ja suojaamaan sähkönsiirtoa ja -jakelua, parantamaan sähkön laatua sekä takaamaan, että asiakkaat pystyvät jakamaan sähköä tehokkaasti. /12/

ABB:n Sähkönjakelun automaatiojärjestelmät-liiketoimintayksikön tehtävänä on kehittää, markkinoida ja toimittaa ratkaisuja jakeluverkon suojaus-, ohjaus- ja automaatioalueelle. /12/

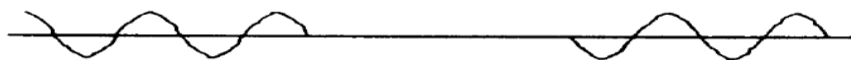
Yksikön kokonaispalvelujen tarjonnat koostuvat ala-asema automaatiosta verkonhallintajärjestelmiin. MicroSCADA-kaukokäyttöjärjestelmäprojektit täydennettyinä ala-asema- ja suojareletekniikoilla ovat tyypillisiä kokonaistoimituksia. Liiketoimintayksikön pääasiallisia asiakkaita ovat sähkö- ja teollisuuslaitokset ympäri maailmaa. /12/

## 2 SÄHKÖNJAKELUVERKON KESKEYTYKSET JA NIITÄ KOSKEVAT SÄÄNNÖKSET

Ympäröivä yhteiskunta on riippuvainen häiriöttömästä sähkönjakelusta, mikä on pakottanut määrittelemään sähkölle vähimmäislaatutason. Keskeisimpänä tavoitteena jakeluverkon pitkän aikavälin kehittämisessä on kohottaa sähkön laatua ja toimitusvarmuutta kustannustehokkaasti. Yhteiskunnan riippuvuus häiriöttömästä sähkön jakelusta, hyvästä sähkön laadusta tulee kasvamaan ja siihen liittyvä viranomaisvalvonta kiristymään tulevaisuudessa. Tässä luvussa käydään läpi sähkön laatuun ja sähkönjakeluverkon keskeytyksiin liittyviä säännöksiä sekä viranomaisvalvontaan ja sähkönjakeluun liittyviä tunnuslukuja.

### 2.1 Sähköverkon keskeytykset

Sähkön keskeytyminen on tilanne, jossa jännite liittymiskohdassa on alle 1 % nimellisestä jännitteestä. Esimerkki jännitteen käyttäytymisestä keskeytyksen yhteydessä on esitetty kuvassa 1. /11/



**Kuva 1. Jännite keskeytyksessä**

Sähkön käyttäjän kannalta tärkeimpiä laatutekijöitä on sähkönjakelun toimitusvarmuus eli sen keskeytymättömyys. Sähkön laatuun vaikuttava yleisin häiriötyyppi on sähkönjakelun keskeytys. Keskeytyksiä esiintyy etenkin keskijänniteverkon avojohtolinjoilla. Asiakkaiden kokemat keskeytykset aiheutuvat pääosin keskijänniteverkon vioista, jotka käsittävät kaikista vioista noin 90 %. Loput noin 10 % koostuvat pääosin pienjänniteverkon vioista. Tyypillisesti keskeytykset ovat joko suunniteltuja työkeskeytyksiä tai häiriöstä johtuvia. Verkonhaltijalla on mahdollisuus vaikuttaa vain keskeytyksen pituuteen. Keskeytyksien tilastointi keskittyy pääasiassa keskijänniteverkkoihin, koska verkostoautomaatiolla on pääsääntöisesti saatavilla vain keskijänniteverkon keskeytykset. /11/



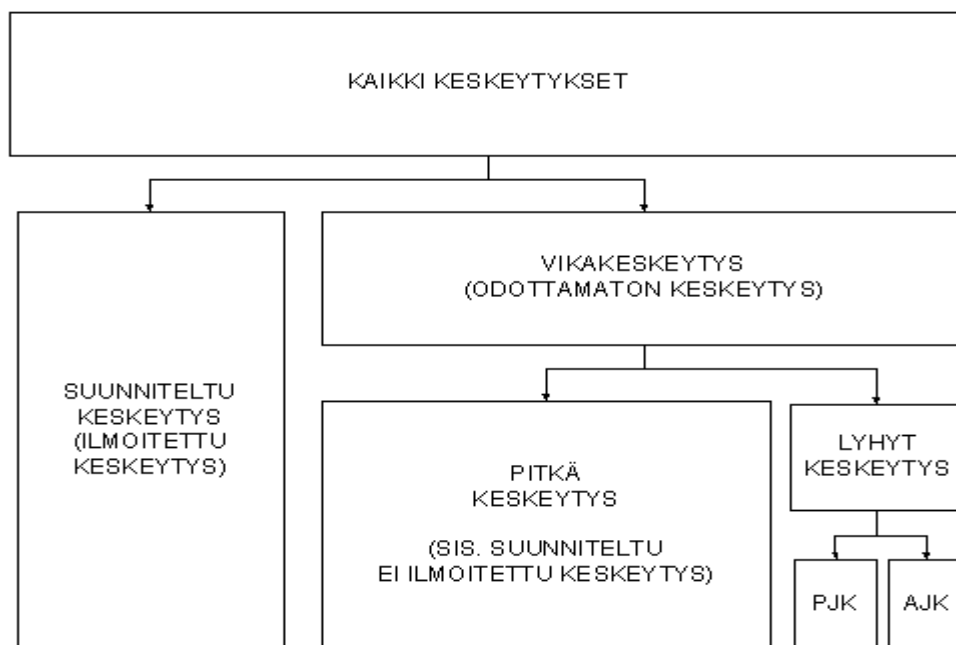
### 2.1.1 Keskeytysten luokittelu

Keskeytykset luokitellaan kahteen eri kategoriaan, suunniteltuihin ja vikakeskeytyksiin. Työkeskeytykset ovat yleensä suunniteltuja toimenpiteitä, ja niistä on ilmoitettava etukäteen sähkönkäyttäjille. Suunniteltu keskeytys aiheutuu yleensä korjaus- tai rakennustoimenpiteistä. Viranomaisten ilmoittama jakelurajoitus on myös yleensä tiedossa, ja se luokitellaan suunnitelluksi keskeytykseksi. Suunniteltujen keskeytyksien kannalta tärkeitä asioita ovat verkkoyhtiön palvelun laatuun liittyvät kysymykset, kuten asiakkaiden informointi ja keskeytyksistä aiheutuvien haittojen minimointi. /15/

Vikakeskeytykset aiheutuvat pysyvistä tai ohimenevistä vioista, jotka johtuvat useasti ulkoisista tekijöistä ja tapahtumista. Yleensä keskeytyksiä aiheuttavat epävakaaat sääolosuhteet, kuten ukkonen ja myrskyt, rakenne- ja materiaaliviat sekä puut ja eläimet. Vikakeskeytyksien ongelmana on se, ettei niitä pystytä ennustamaan ja tiedottamaan kuluttajille etukäteen. /15/

Vikakeskeytykset jaetaan sekä pitkiin että lyhyisiin keskeytyksiin. Keskeytys määritellään pitkäksi kun se ajallisesti kestää yli kolme minuuttia. Pitkät keskeytykset aiheutuvat yleensä ulkopuolisista tekijöistä, kuten sääoloista. Niitä ei yleensä saada poistetuksi jälleenkytkentöjen avulla. Pitkät keskeytykset ovat sähkön laatua arvioitaessa olennainen mittari, koska se kertoo asiakkaan kokemien keskeytyksien kokonaisajan. /15/

Lyhyiden keskeytysten kesto aika on yleensä alle yhden minuutin. Lyhyet keskeytykset aiheutuvat pääosin jälleenkytkennöistä, jotka ovat sähköverkon automaattisia suojaustoimenpiteitä. Jälleenkytkentä tarkoittaa katkaisijan automaattista aukaisemista ja sulkemista asetellun ajan kuluessa. Jälleenkytkennät luokitellaan pikajälleenkytkentöihin ja aikajälleenkytkentöihin. Tyypillisesti automaattisella jälleenkytkennällä varustetut laitteet on suunniteltu kestävän 2-5 auki-kiinni toimintoa, ennen kuin lopullinen laukaisu tapahtuu. /15/ Kuvassa 2 on esitettynä keskeytysluokittelu.



Kuva 2. Keskeytysluokittelu

## 2.2 Sähköviranomaisille ilmoitettavat tunnusluvut

Kauppa- ja teollisuusministeriö on päätöksessään (1637/1995) maininnut sähköverkkotoiminnan tunnuslukujen julkaisemisesta ja ilmoittamisesta sähkömarkkinaviranomaisille. Jakeluverkonhaltijan on ilmoitettava toimitusvarmuuden tunnusluvut sähkömarkkinakeskukselle. Luvut on ilmoitettava yhdessä jakeluverkkotoiminnan ja muiden sähköverkkotoimintojen osalta, mikäli kyseisiä toimintoja ei ole eriytetty toisistaan. /15/

Energiamarkkinavirasto ottaa huomioon pitkistä keskeytyksistä suunnitellut ja suunnittelemattomat sekä lyhyistä pika- ja aikajälleenkytkennöistä aiheutuvat keskeytykset. Laskentaan käytettävät keskeytystiedot perustuvat energiamarkkinavirastolle ilmoitetuista verkonhaltijakohtaisista keskeytyksistä kuvaavista tunnusluvuista. Tunnusluvuista ilmenee keskeytysmäärät ja niiden pituudet.

Energiamarkkinavirasto on pyytänyt verkkoyhtiöitä toimittamaan seuraavat tunnusluvut:

Asiakkaan keskimääräinen vuotuinen vuosienergioilla painotettu jakeluverkon

- odottamattomista keskeytyksistä aiheutunut keskeytysaika (h)
- odottamattomista keskeytyksistä aiheutunut keskeytysmäärä (kpl)
- suunnitelluista keskeytyksistä aiheutunut keskeytysaika (h)
- suunnitelluista keskeytyksistä aiheutunut keskeytysmäärä (kpl)
- aikajälleenkytkennöistä aiheutunut keskeytysmäärä (kpl)
- pikajälleenkytkennöistä aiheutunut keskeytysmäärä (kpl).

Kaikkien odottamattomien keskeytysten yhteenlaskettu vuotuinen lukumäärä

- pienjänniteverkossa (kpl)
- keskijänniteverkossa (kpl).

Edellä mainituista tunnusluvuista saadaan koottua keskeytysraportti, jonka perusteella Energiategollisuus ry laatii vuosittain keskeytystilaston. /15/

### **2.2.1 Jakelualuekohtaiset tunnusluvut**

Sähkönjakeluverkon toimitusvarmuutta koko jakelualueella kuvataan usein kansvälisessä kirjallisuudessa IEEE 1366–2001-standardin mukaisilla tunnusluvuilla. Jakelualuekohtaisia tunnuslukuja käytetään sähkönjakeluverkon luotettavuuden laskentaan. Tunnuslukuja voidaan myös käyttää jakeluverkon kehittämisvaiheissa, jolloin luvuilla saadaan selville ja osoitettua verkon kriittiset kohdat. Sähköverkon käyttövarmuutta tarkasteltaessa tärkeimmät mittarit ovat keskeytyksen pituus ja keskeytyksien kokevien asiakkaiden lukumäärä. Tunnusluvuissa ei oteta huomioon nopeasti ohi meneviä häiriökeskeytyksiä, jotka aiheutuvat pikajälleenkytkennöistä. /11/

Jakelualuekohtaiset tunnusluvut ovat seuraavat:

- SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) kuvaa verkon keskimääräisten keskeytysten lukumäärää tietyllä aikavälillä.
- SAIDI (System Average Interruption Duration Index) kuvaa verkon keskeytysten keskimääräistä yhteenlaskettua kestoaikaa tietyllä aikavälillä.

- CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) kuvaa keskeytysten keskimääräistä keskeytysaikaa tietyllä aikavälillä.
- MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index) kuvaa jälleenkytkentöjen keskimääräistä lukumäärää asiakasta kohden tietyllä aikavälillä.

Tunnusluvut saadaan lasketuksi käyttämällä yhtälöitä 1-3.

$$SAIFI = \frac{\sum n_j}{N_s} \quad (1)$$

jossa  $n_j$  on asiakkaan  $j$  kokema keskeytysten määrä ja  $N_s$  on asiakkaiden kokonaismäärä.

$$SAIDI = \frac{\sum_i \sum_j t_{ij}}{N_s} \quad (2)$$

$t_{ij}$  on asiakkaalle  $j$  keskeytyksistä  $i$  aiheutunut aika ilman sähköä,  $i$  on keskeytysten lukumäärä,  $j$  on asiakkaiden lukumäärä keskeytysalueella ja  $N_s$  on asiakkaiden kokonaismäärä.

$$CAIDI = \frac{\sum_i \sum_j t_{ij}}{\sum_j n_j} \quad (3)$$

$n_j$  on asiakkaan  $j$  kokema keskeytysten määrä tietyllä aikavälillä. Muut termit on mainittu edellä.

### 2.2.2 Muuntopiirin tunnusluvut

Tunnuslukujen laskentaa varten keskeytystiedot luokitellaan yleensä keskijänniteverkossa muuntopiiritasolla, nämä tunnusluvut eivät perustu todellisiin asiakas-kohtaisiin tietoihin. Kyseiset luvut eivät sisällä pienjänniteverkon keskeytyksiä.

/11/ Muuntopiirin tunnusluvut saadaan lasketuksi käyttämällä yhtälöitä 4-6.

T-SAIFI: verkon muuntopiirin keskeytysten keskimääräisen lukumäärän indeksi,  
kpl/muuntopiiri

$$T-SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n mpk_i}{mp} \quad (4)$$

$n$  = keskeytysten lukumäärä jakelualueella,

$mpk_i$  = keskeytysten vaikutusalueella olleiden muuntopiirien lukumäärä ja

$mp$  = muuntopiirien kokonaismäärä alueella.

T-SAIDI: verkon muuntopiirin keskimääräisen yhteenlasketun kestoajan indeksi,  
h/muuntopiiri

$$T-SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^x mpk_{ij} \times h_{ij}}{mp} \quad (5)$$

$n$  = keskeytysten lukumäärä jakelualueella,

$x$  = kunkin keskeytyksen osa-alueiden lukumäärä,

$mpk_{ij}$  = keskeytysten vaikutusalueella olleiden muuntopiirien lukumäärä,

$h_{ij}$  = muuntopiirien kesto aika tietyllä osa-alueella ja

$mp$  = muuntopiirien kokonaisluku jakelualueella.

T-CAIDI: muuntopiirin asiakkaan keskeytysten keskipituuden indeksi,  
h/keskeytys

$$\text{T-CAIDI} = \frac{\sum_{i=1}^n mph_i}{\sum_{i=1}^n mpk_i} \quad (6)$$

$n$  = keskeytysten lukumäärä jakelualueella

$mph_i$  = keskeytysten vaikutusalueella olleiden muuntopiirien yhteenlaskettu keskeytysaika

$mpk_i$  = keskeytysten vaikutusalueella olleiden muuntopiirien yhteenlaskettu lukumäärä.

### 2.3 Regulaattorin sääntely

Sähköverkkoliiketoiminnan sääntely Suomessa perustuu sähköyhtiöiden tuloksien ja siirtohinnoittelun seuraamiseen. Regulaattorin tavoitteena on ohjata verkkoyhtiöitä tehostamaan toimintaansa ja alentamaan hintojaan sekä valvoa sähkön laatua. Tehokkuusmittaus on yksi keino seurannassa, jossa verrataan sähköyhtiöitä toisiinsa ja vertailujen perusteella pystytään tarjoamaan hyvä vertailupohja eri yhtiöiden välille. Säännöstelyjärjestelmät toimivat usean vuoden jaksoissa, sääntelyn päämääränä olisi pyrkiä kannustamaan järjestelyyn. Keskeytyskustannukset on määrittävä tekijä verkkoyhtiöiden tuottoa määritettäessä. Kustannuksien ollessa pienemmät verkkoyhtiöillä on mahdollisuus saada suurempi tuotto toiminnastaan. Kyseisten sääntelyjen tarkoituksena on kannustaa verkkoyhtiöitä panostamaan entistä enemmän sähkön laatuun. Verkkoyhtiöiden on tehtävä verkkoon investointeja, kuten panostaa sähkönjakelun automaatioon, suojaukseen ja valvontaan. Seuraavassa on kerrottuna EMV:n laatima valvontamalli nyt meneillään olevalle valvontajaksolle.

#### 2.3.1 Energiamarkkinaviraston laatima valvontamalli

Jakeluverkkotoiminnan alueellista toimintaa ohjaamaan on kehitetty valvontamalli, jonka tarkoituksena on kannustaa verkonhaltijan toimintaa siten, että sähkönja-

kelu on luotettavaa ja asiakkaalle kohtuuhintaista. Seuraavassa kerrotaan Energiamarkkinaviraston 13.12.2007 kirjaamassa päätöksessään valvontajaksolla 2008–2011 määrittelemiä sähkönjakelun keskeytyksiin liittyviä säännöksiä. /14/

### **2.3.2 Sähköntoimituksen keskeytyksestä aiheutuva haitta**

Sähkön laatu on yksi valvontakaudella 2008–2011 verkonhaltijoiden verkkotoiminnan kohtuullisen tuoton valvonnassa huomioon otettavista asioista. Energiamarkkinaviraston pyrkimyksenä sähkön laadun huomioimisessa on ohjata verkonhaltija toimimaan siten, että sähköntoimituksessa tapahtuneista keskeytyksistä asiakkaalle aiheutuvien kustannusten sekä verkonhaltijan omien kustannuksien summa minimoituisi. Valvontamallissa keskeytyksiksi luokitellaan sähköntoimituksessa tapahtuneet suunnitellut ja odottamattomat keskeytykset sekä pika- ja aikajälleenkytkennät. Jännitekuoppia ei oteta huomioon kyseisessä valvontamallissa. /14/

EMV on kehittänyt valvontamallin, jossa sähkönjakelun toimituksessa aiheutuvat keskeytykset on arvostettava rahamääräisiksi. Toimivin tapa keskeytyksien arvostamisessa on tarkastella valvonnassa asiakkaalle aiheutuvaa haittaa. Rahamäärän arvo on riippuvainen keskeytyksen kokoneesta sähkönkäyttäjistä, keskeytyksen ajankohdasta ja pituudesta. Sähkönjakelun keskeytysten rahamääräinen arvostaminen on yksinkertaisempaa, jos se aiheuttaa välitöntä mitattavissa olevaa haittaa liiketoiminnan harjoittajalle, kuten tuotannon keskeytyksestä johtuva menetystä. /14/

Energiamarkkinavirasto ottaa huomioon pitkistä keskeytyksistä suunnitellut ja suunnittelemattomat sekä lyhyistä pika- ja aikajälleenkytkennöistä aiheutuvat keskeytykset. Laskentaan käytettävät keskeytystiedot perustuvat energiamarkkinavirastolle ilmoitetuista verkonhaltijakohtaisista keskeytyksistä kuvaavista tunnusluvuista. Tunnusluvuista ilmenee keskeytysmäärät ja niiden pituudet. Keskeytyksistä aiheutuvien haittojen arvojen lisäksi sähköntoimituksen keskeytysten haitan laskentaan käytetään verkonhaltijoiden EMV:n ilmoittamia tunnuslukuja, jotka on jo edellä mainittu. /14/

### 2.3.3 Keskeytyskustannusten vertailutason määrittäminen

Sähkönjakeluverkonhaltijan verkkotoiminnan tulosten laskennassa toteutuneita keskeytyskustannuksia verrataan verkonhaltijalle määriteltävään sähkön toimituksessa tapahtuneiden keskeytysten aiheuttamaan haitan vertailutasoon. Vertailutaso tulisi kuvastaa mahdollisimman hyvin verkonhaltijalle ominaista, normaalia sähkön laatutasoa. /14/

Energiamarkkinaviraston päätöksessä todetaan, että keskeytyskustannusten vaikutusta verkkotoiminnan tuoton laskemisessa olisi kohtuullistettava. Mikäli toteutuneet keskeytyskustannukset ovat pienemmät kuin määritelty referenssitaso, on oikeaistu tulos pienempi ja verkonhaltijalla on mahdollisuus saada verkkotoiminnasta suurempaa tuottoa. Keskeytyskustannusten vaikutusten kohtuullistamista perustellaan sillä, että verkonhaltijan asiakkaalla on mahdollisuus hyötyä sähkön laadun paranemisesta sekä keskeytyskustannusten vuosittaisella, verkonhaltijasta riippumattomalla vaihtelulla. /14/



### **3 KESKEYTYKSESTÄ AIHEUTUVIEN HAITTOJEN VÄHENTÄMINEN SÄHKÖNJAKELUVERKON SUOJAUSVYÖHYKKEITÄ LISÄÄMÄLLÄ**

Nykyisin teollistuneessa yhteiskunnassa on ominaista, että energiankulutus nousee ja samanaikaisesti kuluttajien vaatimukset ovat lisääntyneet laadukkaan ja luotettavan energian saannin osalta. Näistä syistä energian tuotannon, jakelun ja siirron tuotteiden tulee olla innovatiivisia. Tämä asettaa teollisuudelle haasteen kasvattaa luotettavuutta, suojella ympäristöä sekä pyrkiä valmistamaan tuotteet tehokkaasti.

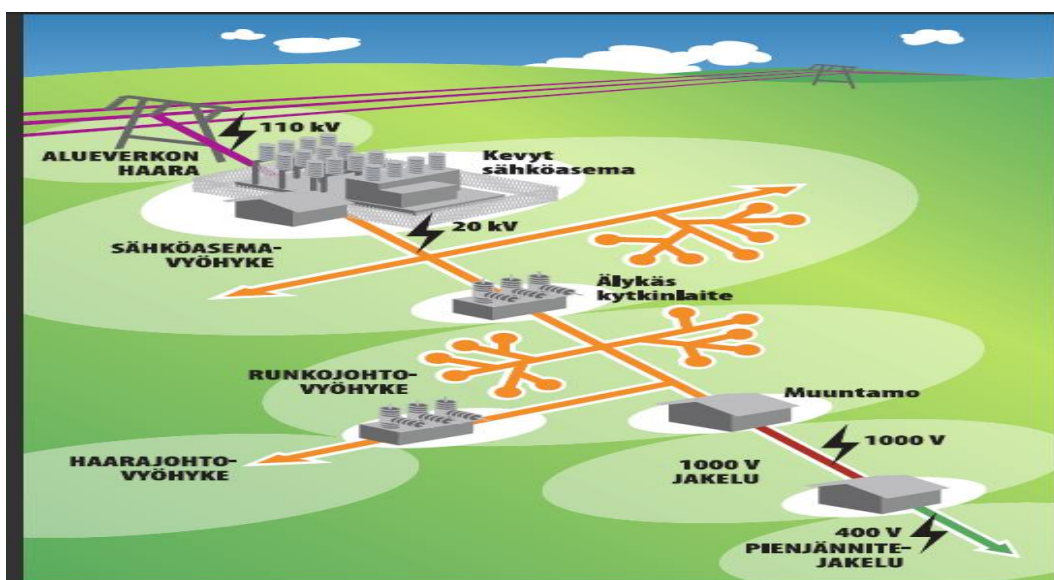
Kehittynyt jakeluverkko muodostuu käyttötarkoituksenmukaisista komponenteista sekä käyttötarpeen vaatimista sovelluksista, joilla pyritään takaamaan luotettava sähkönsyöttö. Avojohtolinjoilla esiintyvät käyttökatkokset johtuvat useimmiten ulkoisista syistä, jolloin linjojen suojaus häiriöltä, ja syötön automaattinen jälleenkytkentä nousee tehokkaaksi vaihtoehdoksi. Sähköverkkoautomaatioon on tarjolla monia käyttövarmuutta parantavia tekijöitä. Vyöhykekonsepti ratkaisuna on yksi keino vähentää sähköverkon keskeytyksistä aiheutuvia haittoja sekä niistä johtuvia keskeytyskustannuksia. Tässä luvussa on yleiskuvaus ABB:n kehittämästä vyöhykekonseptistä sekä tarkemmin selvitettyinä verkkokatkaisijoilla toteutettu toiminta.

#### **3.1 Vyöhykekonseptin toimintaperiaate**

Vyöhykekonseptin peruseriaatteena on rajoittaa sähköverkossa syntyvän häiriön vaikutus mahdollisimman pienelle alueelle. Keskijänniteverkon suojaus on useimmiten toteutettu sähköasemalla johtolähdön syöttävään kennoon sijoitetulla katkaisijalla ja siihen tarvittavalla suojareleistyksellä. Yleisesti jakeluverkon vika-tilanteessa katkaisijan avautumisen myötä aiheutuu keskeytys koko johtolähdölle ja kaikille kyseisellä lähdöllä oleville kuluttajille.

Vyöhykekonseptin toiminta-ajatuksena on viedä suojaus-, ohjaus-, valvontatoiminnot yhä syvemmälle verkkoon ja lähemmäksi kuluttajaa. Näin ollen jälleenkytkennät ja keskeytykset esiintyvät vain häiriöitä aiheuttavalla verkon osalla.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että sähköverkkoon kuuluvat johdot jaetaan osiin eli vyöhykkeisiin ja estetään vikojen vaikutus vyöhykerajojen yli. Vyöhykkeisiin jakaminen vähentää asiakkaan kokemien jakelukeskeytysten lukumäärää kohdentamalla keskeytykset lähemmäksi vika-aluetta. Vyöhykekonseptissa runkojohto jaetaan runkojohtovyöhykkeisiin, runkojohdon haara voi muodostaa myös oman haarajohtovyöhykkeen. Runkojohtovyöhyke on tyypiltään suojausvyöhyke eli vyöhykekatkaisija, joka on varustettu vyöhykeselektiivisillä suojaus- ja jälleenkytkentätoiminnoilla. Haarajohtovyöhyke voi olla tyypiltään joko suojaus- tai ohjausvyöhyke, jolloin vyöhyke varustetaan kauko-ohjattavalla erottimella. /2/ Vyöhykekonseptin periaatekuva ja vyöhykkeisiin jako on esitettynä kuvassa 3.



Kuva 3. Vyöhykekonseptin periaatekuva.

### 3.2 Vyöhykekonseptin toteutusvaihtoehdot

Lisäämällä verkkoon kevyitä sähköasemia, vyöhykekatkaisijoita ja vyöhykeerottimia sekä panostamalla sähkönjakelun automaatioon voidaan toimitusvarmuutta parantaa nopeasti ja kustannustehokkaasti. Näistä edellä mainituista toteutuksista saavat hyödyn sekä kuluttajat että verkkoyhtiöt. ABB:n kehittämässä vyöhykekonseptimallissa yhdistyvät primääriverkon topologia, kytkinlaitteet sekä älykkäät suojaus-, ohjaus- ja automaatiotoiminnot. Panostamalla primääriverkon

rakenteisiin saadaan vähennettyä vikojen syntymahdollisuuksia, esimerkiksi kaapeloidimalla avojohtolähtöjä tai varustamalla muuntajat ylijännitesuojilla. Sammutuskuristimien käytön avulla saadaan maasulkuvirrat pienemmiksi, ja tällä tavoin mahdollistetaan syntyneiden maasulkuvalokaarien itse sammuminen. /2/

Sähköverkko voidaan jakaa vyöhykkeiksi usealla eri tavalla. Seuraavassa on esitetty kolme eri toteutustapaa.

### **3.2.1 Kevyt sähköasema**

Perinteisin tapa jakaa verkko vyöhykkeisiin on kasvattaa sähköasematiheyttä eli jakaa sähköverkko usean eri sähköaseman syöttämiin verkon osiin. Sähköasemien määrän lisääminen vähentää tehokkaasti asiakkaan kokemien keskeytysten määrää. Kevyt sähköasema on tuotteistettu kokonaisuus, joka sijoittuu 110 kV alueverkon johdon alle tai alueverkon haaran päähän. Kasvattamalla sähköasematiheyttä saadaan jännitekuoppien leviäminen tehokkaasti estettyä, myös maasulkuvirtojen suuruudet saadaan pidettyä kohtuullisina. Pitkät johtolähdöt lyhenevät sekä jälleenkytkentöjen ja keskeytysten vaikutusalueet pienenevät. /2/

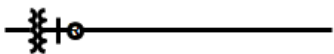
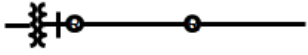
Kevyen sähköaseman rakennuskustannuksia on pystytty pudottamaan jopa puoleen tavanomaiseen sähköasemaan verrattuna. Investoinnin taloudelliseksi perusteiksi riittää tässä tapauksessa jakeluverkon luotettavuuden parantaminen. /18/

### **3.2.2 Vyöhykekatkaisijat**

Vyöhykekonseptin keskeisiä keinoja on sijoittaa verkkoon älykkäitä katkaisijoita, esimerkiksi OVR (Outdoor vacuum recloser)-verkkokatkaisijoita. Verkkokatkaisijoilla saadaan johtolähdöt jaettua suojausvyöhykkeisiin. Jälleenkytkentätoiminnoilla ja kauko-ohjattavuudella varustettu verkkokatkaisija sijoitetaan ennen vikaantumisalasta johto-osaa. Verkkokatkaisijan tehtävänä on rajata keskeytykset omille suojausvyöhykkeille, jonka ansiosta keskeytykset vähentyvät huomattavasti. Katkaisijan takana tapahtuvat viat eivät näy lähdön alkupäässä oleville asiakkailla. Vian esiintyessä lähellä sähköasemaa, ennen katkaisijaa palautetaan jakelu kauko-ohjauksen avulla vikapaikan takaiselle johto-osalle. /2/

Luvussa 3.5 on kerrottuna tarkemmin verkkokatkaisijoista sekä niiden käytöstä verkossa.

Runkojohto voidaan jakaa kahteen tai useampaan vyöhykkeeseen välikatkaisijoilla. Keskeytystaajuutta ja keskimääräistä keskeytysaikaa kuvaavien tunnuslukujen SAIFIn ja SAIDIn lisäksi katkaisijan käyttö parantaa myös hetkellisten keskeytysten taajuutta kuvaavaa tunnuslukua MAIFia. Tämä on mahdollista, koska johdon loppuosalla tapahtuvat viat eivät aiheuta jälleenkytkentöjä johdon alkupäässä. Yhden verkkokatkaisijan lisääminen verkkoon tuottaa suurimman hyödyn, jonka suuruus on teoreettisesti noin 21 % SAIDIn parannus, tämä on nähtävissä kuvassa 4. /18/

		<u>Hrs/Yr</u>	<u>%*</u>
	<b>Case 1 - Substation reclosing 3 phase only</b>	3.3	---
	<b>Case 2 - Line Recloser</b>	2.6	21%

Kuva 4. Verkkokatkaisijan lisääminen verkkoon

### 3.2.3 1000 Voltin pienjännitejakeluverkko

Pitkien johtolähtöjen yhteydessä vyöhykejako toteutetaan erottamalla johdon loppuosa välimuuntajalla galvaanisesti johdon alkuosasta ja jakelujännitteenä voidaan käyttää 1000 V lähellä kulutuspistettä. Tämän ansiosta saadaan loppuosassa tapahtuvat häiriöt rajattua omalle 1000 V vyöhykkeelleen. /2/

Jänniteporrasta käytetään 400 V ja 20 kV verkkojen välissä ja johtolähtö jaetaan näin useampaan suojausvyöhykkeeseen. 1000 V jakelujännitteen käyttö vähentäisi lyhyiden 20 kV johtohaarojen määrää.

### 3.3 Vyöhykekonseptin edut

Seuraavassa on hieman lueteltuna vyöhykekonseptilla saavutettavia etuja. Jakamalla sähköverkko vyöhykkeisiin, kuluttajille saadaan toimitettua laadukkaampaa säh-

köä ja sähköjakeluverkon keskeytysten pituudet sekä määrät vähentyvät huomattavasti. Sähköjakelun toimitusvarmuus ja käyttövarmuus parantuvat, koska kehitystoimet saadaan rajattua verkon häiriöalueille. Koko sähköverkko saadaan tehokkaaseen käyttöön ulottamalla tiedonsiirto syvälle jakeluverkkoon, ja saattamalla keskeiset kytkinlaitteet käytönvalvontajärjestelmän ja käytöntuen alaisuuteen. Kaukokäyttö- ja käytöntukijärjestelmien avulla verkonhaltija saa tarvittavat tiedot verkon sähköisestä tilasta ja on kykenevä näiden tietojen perusteella käyttämään optimaalisesti verkkoa. Investoinneista pystytään saamaan täysi hyöty, sillä ratkaisut maksavat itsensä nopeasti takaisin. Vyöhykekonsepti ratkaisuna vähentää verkon rasituksia ja pidentää siten verkkokomponenttien elinikää. Se on erittäin mukautuva toimintaympäristön tarpeisiin sekä muutoksiin nyt ja tulevaisuudessa, esimerkiksi hajautetun voimantuotannon tapauksessa. Vyöhykekonseptin avulla pystytään optimoimaan jakeluverkon pitkän aikavälin kehittämistä. /2/

### **3.4 Verkkokatkaisijoiden käyttö verkossa**

Nykyisin on kehitetty pysyvästi maastoon sijoitettavia katkaisijavaihtoehtoja, joille luvataan jopa useita tuhansia huoltovapaita toimintakertoja ja jotka ovat kykeneviä jälleenkytkentöihin.

#### **3.4.1 Maavarainen verkkokatkaisija-asema**

Maavarainen verkkokatkaisija-asema on rakenteeltaan sääsuojattu ja kaapeliliityntäinen, joka koostuu yhdestä tulosta ja kahdesta katkaisijalähdöstä. Johtolähtöjen tärkeisiin haaroituskohtiin voidaan sijoittaa katkaisijakojeisto sääsuojattuihin maavaraisiin rakenteisiin. Aseman ytimen muodostaa UniSwitch- kojeisto, joka mahdollistaa omakäytön kojeistosta. Aseman toiminnallisuuksiin kuuluu mm. suojaus, jälleenkytkentä, erotus sekä maadoitustoiminnot. Valokaarikestoinen kojeisto ja siihen integroidut erotus- ja maadoitustoiminnot tekevät asemasta henkilöturvallisen. Asema mahdollistaa myös hajautetun voimantuotannon liittämisen. Kuvassa 5 on esitettyä maavaraisen verkkokatkaisija-aseman rakennekuva. /1/

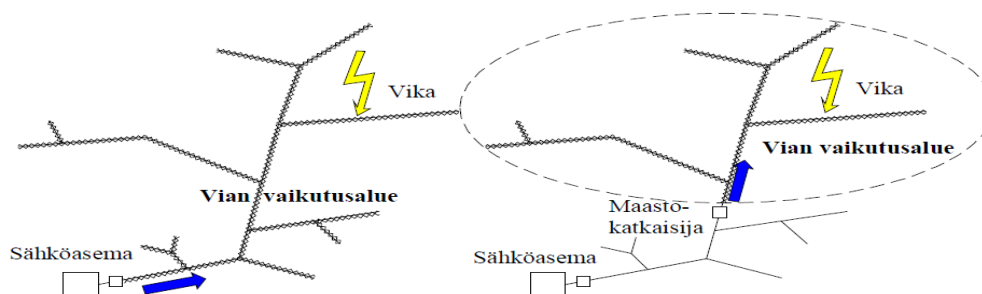


**Kuva 5. Maavarainen verkkokatkaisija-asema**

### **3.4.2 Pylväsasennettu verkkokatkaisija**

Keskijännitelähdöllä voidaan käyttää pylväisiin sijoitettavia suojareleillä varustettuja kauko-ohjattuja pylväskatkaisijoita. Verkkokatkaisijat ovat katkaisijoita, jotka voidaan sijoittaa suoraan keskijännitepylvääseen. Tämän takia niistä käytetään myös nimitystä linja- tai pylväskatkaisija. Pylväskatkaisijan ero kauko-ohjattavaan erotinasemaan on siinä, että se varustetaan suojareleellä ja sillä voidaan katkaista vikavirtoja ja suurempia kuormitusvirtoja. Pylväskatkaisijat sopivat erityisesti vikaherkkien johtolähtöjen alkupäähän tai erottamaan pitkät johtohaarat runkojohdosta. Verkkokatkaisijanärkevin sijoituspaikka on keskellä linjaa, jolloin se tuo suurimman hyödyn.

Katkaisijainvestoinneilla saavutetaan suurin hyöty, kun niitä sijoitetaan kauko-ohjattavien erotinasemien yhteyteen, koska katkaisija-automaatioon tarvittava tekniikka ja viestiyhteydet ovat jo pääosin olemassa asemalla. Katkaisijan kauko- käyttö onnistuu käytönvalvontajärjestelmän esimerkiksi MicroSCADA avulla. Viestiyhteyksien avulla pystytään välittämään käytönvalvontajärjestelmään tarvittavat tila- ja hälytystiedot. Verkkokatkaisijat pystyvät kommunikoimaan keskenään ja tämän myötä onnistuu vikapaikan rajaaminen myös kahden katkaisijan välille. Kuvassa 6 on havainnollistettu pylväskatkaisijan toiminta vian sattuessa johtolähdön haarajohdolla ilman katkaisijaa, sekä katkaisijan kanssa.



**Kuva 6. Pylväskatkaisijan vaikutus johtolähdön haarajohdon vikaantuessa**

Nykyisin numeeristen suojareleiden ja lähes huoltovapaiden tyhjiökatkaisijoiden, sekä kehittyneen tietoliikenteen myötä verkkokatkaisijat ovat erittäin hyvä vaihtoehto parantamaan sähkön laatua ja pienentämään verkon keskeytyskustannuksia. Jakeluverkon käyttövarmuutta saadaan parannettua pylväsasennetuilla verkkokatkaisijoilla, koska niillä pystytään vaikuttamaan sekä vikojen määrään että vika-aikaan. Tämä tarkoittaa sitä, että katkaisijan etupuolelle jäävät asiakkaat eivät koe verkon takaosassa sijaitsevia vikoja. AJK:sta aiheutuvat keskeytykset saadaan karsittua pois, jotka voivat olla hyvinkin kriittisiä teollisuudelle. Myös PJK:n aiheuttamat johtolähtöjen keskeytykset pystytään rajaamaan verkkokatkaisijoiden avulla. Usean verkkokatkaisijan käyttö johtaa kuitenkin pitkiin laukaisuaikoihin johdon alkupäässä. Pitkät laukaisuajat pystytään kuitenkin välttämään käyttämällä ylivirtasuojauksia loogisella selektiivisyydellä. /21/

### 3.4.3 Verkkokatkaisijoiden kannattavuus

Sähkönjakelun keskeytykset sekä jännitekuoppien aiheuttamat haittojen suuruudet riippuvat asiakasryhmistä. Tästä syystä katkaisijoiden kustannusvaikutus voi olla hyvinkin erilainen eri kohteissa. Verkkokatkaisijat ovat erittäin soveltuvia sellaisille lähdöille, joiden alkupäässä on paljon tehonkulutusta ja katkaisijan taakse jää mahdollisimman paljon johtopituutta. Kuormituksen ollessa vähäistä ja jakautuessa tasaisesti koko johtolähdölle, vikatiheyden ollessa tällöin pieni, vyöhykejaolle ei ole silloin taloudellisia edellytyksiä. Katkaisijoiden käytön kannattavuuteen vaikuttavat pääsääntöisesti laitteen investointi-, ylläpito- ja huoltokustannukset sekä asiakkaiden keskeytyskustannuksista saavutettu säästö. /21/

Keskeytyskustannuksia laskettaessa on otettava huomioon, että katkaisijan takana tapahtuvat viat ovat näkyvissä sähköaseman ja välikatkaisijan välisessä verkossa edelleenkin jännitekuoppina, vaikka ne eivät aiheutakaan jälleenkytkentöjä. Katkaisijoilla voidaan jonkin verran vaikuttaa jännitekuoppiin releen asetusaikoja säätämällä. Katkaisijan kannattavuutta voidaan tarkastella vertailemalla investoinnin keskimääräistä arvoa vuosittaisiin keskeytyskustannussäästöihin. Kannattavuus riippuu erityisesti keskeytysten arvostamisesta (KAH-arvot), johtolähdön vikaherkkyydestä, lähdön asiakasryhmärakenteesta sekä johdolla siirretystä tehosta ja kuormituksen jakautumisesta. /21/

#### 3.4.4 Verkkokatkaisija ABB:n tuotevalikoimasta



**Kuva 7. ABB:n OVR-verkkokatkaisija sijoitettuna pylvääseen**

Työssä tutkittiin ABB:n verkkokatkaisijatekniikkaa, joka on tässä yhteydessä OVR-verkkokatkaisija. Kuvasta 7 on esitettynä ABB:n valmistama OVR-verkkokatkaisija, sekä yksi- että kolmivaiheisena ja pylvääseen asennettuna.

ABB:n valmistama OVR-verkkokatkaisija on eristetty tyhjiökatkaisija, joka on suunniteltu kiinteisiin pylväsasennuksiin ja sähköasemasovelluksiin. Älykäs OVR-verkkokatkaisija on osa ABB:n kehittämää vyöhykekonseptia, jossa sähköverkko on nimensä mukaisesti jaettu vyöhykkeisiin. OVR-verkkokatkaisijat ovat soveltuvia avojohtoverkkojen suojaustoimintaan, ja mahdollistavat jakeluverkon käytettävyyden parantamisen. Häiriötilanteissa monipuolisin suojaustoiminnoin varustetut verkkokatkaisijat kytkevät vian pois nopeasti, automaattisesti ja vyöhy-



keselektiivisesti. Katkaisijoiden avulla sähkön jakeluhäiriöiden vaikutus kyetään rajaamaan yhdelle vyöhykkeelle. /10/

OVR-verkkokatkaisija kykenee riittävän tarkkaan suunnattuun maasulkuvirran havaitsemiseen myös sammutetussa verkossa. Suunnattu maasulun indikointi onnistuu hyvin katkaisijan yhteydessä olevien virta- ja jännitesensoreiden avulla, eikä ole tarvetta käyttää tähtipistemuuntajia. Verkkokatkaisijan käytössä huomiotavana asiana on sen tarvitsema apujännite ohjausyksikölle ja selektiivisyys sähköaseman suojausten kanssa. Katkaisijan toiminta on varmistettu akustolla, jonka avulla laite pystyy toimimaan useita kertoja jopa 24–48 tuntia katkaisijan mallista riippuen. OVR-katkaisijoita on saatavilla 15 kV, 27 kV ja 38 kV jänniteluokituksilla vaiheiden määrästä riippuen. 3-vaiheinen katkaisija on mitoitettu kestäämään jatkuvaa virtaa jopa 1250 A asti. Pylväskatkaisijan ja siihen kuuluvan elektronikan toimintalämpötila on  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . /10/

OVR-verkkokatkaisijan nimellisarvot on esitettyä alla olevassa taulukossa 1.

**Taulukko 1. OVR-verkkokatkaisijan nimellisarvot**

Arvot	OVR-1	OVR-3
Nimellisjännite (kV)	15.5	38
Nimellisvirta (A)	630	1250
Katkaisukyky (kA)	12.5	16
Syöksyjännitetaso (kV)	110	170

Tyhjiökatkaisija sisältää bi-stabiilista rakenteesta koostuvan magneettiohjaimen. Bi-stabiilin rakenteen myötä toimilaite säilyttää asentonsa virtalähteen menettämisestä huolimatta. Magneettiohjaimelle on luvattu manuaalissa, että se pystyy suorittamaan 10 000 toimintakertaa nimelliskuormalla. Katkaisijan magneettinen toimilaite sisältää vain yhden liikkuvan osan, tästä johtuen huoltotoimenpiteet

ovat vähäiset ja käyttökeskeytyksiä ilmenee vähemmän. Katkaisijassa on vaihekohtainen toimilaite, mikä mahdollistaa myös yksivaiheisen laukaisun suorittamisen. Vaihekohtaisten magneettiohjaimien myötä ei ole tarvetta rakentaa monimutkaisia mekaanisia vivustoja vaiheiden välillä. /10/

Katkaisijapylväiden eristysaine on vettä hylkivää Hydrophobic Cycloaliphatic Epoxy (HCEP)-eristysainetta. HCEP-eristysaine estää kosteuden kerääntymistä katkaisijapylväisiin, tämän ansiosta vuotovirrat ovat pienemmät ja ylilyöntiriski vähenee. Eristeaine takaa paremman suorituskyvyn voimakkaasti saastuneilla alueilla, jonka ansiosta katkaisijan elinikä pitenee. /10/

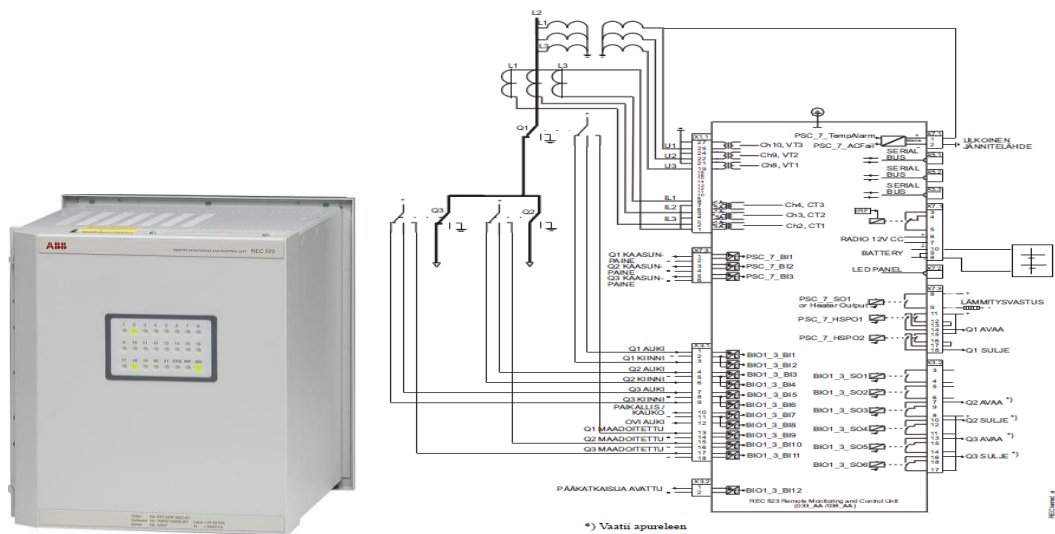
## 4 VYÖHYKEKONSEPTIN VAATIMA ALA-ASEMA TOIMINNALLISUUS

### 4.1 Suojaus-, valvonta- ja ohjausyksikkö REC 523

Keskijänniteverkossa vyöhykekonsepti toteutettuna verkkokatkaisijoilla vaatii toiminnallisuudeksi ala-aseman, joka pystyy toimimaan sekä suojareleenä että Remote terminal unit'ina eli RTU-yksikkönä. Kyseiseen käyttötarkoitukseen soveltuu erityisesti REC 523-yksikkö, jota voidaan käyttää pylväsasennetun OVR-verkkokatkaisijan ohjaukseen, valvontaan ja suojaukseen. Seuraavassa on esitelty kyseisen yksikön toiminnallisuus.

#### 4.1.1 Sovelluskohteet ja toiminnallisuus

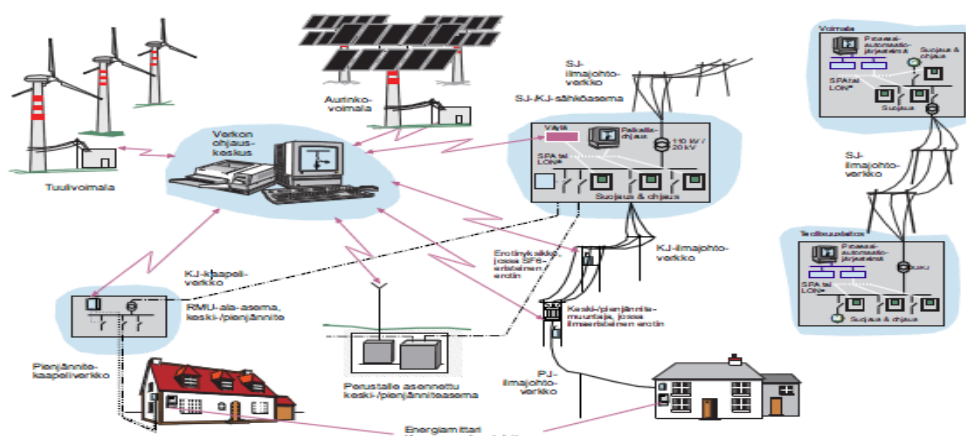
REC 523-yksikkö on osa ABB:n sähköjakeluautomaatiojärjestelmää, joka on tarkoitettu käytettäväksi keskijänniteverkkojen ala-asemien ohjaukseen, mittaukseen, valvontaan, suojaukseen sekä vianmääritykseen. Yksikkö on suunniteltu täyttämään kytkin- ja muuntoasemien automaation, kuten RMU-kojeistojen, puistomuuntoamien sekä pylväaseen asennettujen katkaisijoiden, kytkinten ja erottimien asettamat vaatimukset. /6/ REC 523-yksikkö ja sovellusesimerkki ovat esitettyinä kuvassa 8.



Kuva 8. REC 523-yksikkö

Yksikön toiminta on sidoksissa konfigurointiin, jolla halutut toiminnot otetaan käyttöön. REC 523-yksikön avulla pystytään välittämään tilatietoja kauko-ohjausjärjestelmään. Ohjaus ja valvonta on mahdollista toteuttaa yhtäaikaaisesti 2-4 kytkinlaitteelle. REC 523-yksikön toiminnallisuus koostuu muun muassa ohjauspiirien, kytkinlaitteiden ja akun kunnonvalvontatoiminnoista. Yksikkö sisältää myös toimintakertalaskurit kytkinlaitteelle sekä sisäisen itsevalvonnan. REC 523-yksiköstä löytyy myös tarvittava maasulkuherkkyys, joka on helposti integroitavissa yleisiin kaukokäyttö- ja käytöntukijärjestelmiin. /6/ REC 523-yksikköön perustuva valvonta- ja kauko-ohjausjärjestelmä on esitettyä kuvassa 9.

REC 523-yksikön toimintojen indikoinnit ilmaistaan LED-näytöllä, joka koostuu 21:stä vapaasti konfiguroitavasta ledistä. Ledit ilmaisevat esimerkiksi kytkinlaitteiden tilatiedot, vikaindikaatioinnit sekä hälytykset.



Kuva 9. REC 523-yksikköön perustuva valvonta – ja kauko-ohjausjärjestelmä

#### 4.1.2 Mittaus- ja kunnonvalvontatoiminnot

Primääriprosessin mittaus voidaan suorittaa virtamuuntajilla, jännitemuuntajilla, Rogowskin keloilla, jännitteen jakajilla ja kombisensoreilla. Yhdellä REC 523-yksiköllä pystytään mittaamaan kahta johtoa tai johdonhaaraa yhdeksän analogiakanavan kautta. Mittaustoimintojen valikoima sisältää muun muassa kolmivaihevirran, summavirran, kolmivaihejännitteen, summajännitteen, taajuuden sekä

päto- ja loistehon mittaukset. Virran ja jännitteen harmoniset komponentit pystytään mittaamaan aina 13. yliaaltoon asti. /6/

Edellä mainittujen mittaustoimintojen lisäksi releellä voidaan mitata kunnonvalvontatoimintoja, kuten akuston jännitettä sekä kotelon ja ympäristön lämpötilaa. Lämpötilan mittaus on kalibroitu mittaamaan koteloon asennetun REC 523-yksikön ympäristön lämpötilaa. Ympäristön mitatut lämpötila-arvot sekä akkujännitteen mittausarvo on mahdollista välittää valvomoon. Syöttöyksiköllä (PSC) on yksi lähtö, joka voidaan parametroida lämmittimen lähdeksi. Lämmitystä tarvitaan, kun yksikkö on asennettu ulos erilliseen koteloon. /6/

Häiriötallennintoimilohko (MEDREC16) mahdollistaa vikatilanteessa virtojen ja jännitteiden käyrämuotojen tallentamisen 2000 Hz:n näytteenottotaajuudella sekä valittujen logiikkakanavien tila. Häiriötallentimen muisti saadaan luettua väylän kautta PC:hen tai valvomoon. /20/ Taulukossa 1 on esitettyä REC 523-yksikön sisältämät mittaustoiminnot sekä niiden sisältämät toimilohkot.

**Taulukko 2. REC 523-yksikön mittaustoiminnot**

Toiminto	Kuvaus
MEAI1–MEAI8 <sup>a</sup>	Yleinen mittaus 1–8 / analogiatulo RTD-/analogiamoduulissa
MECU1A	Summavirran mittaus, taso A
MECU1B	Summavirran mittaus, taso B
MECU3A	Kolmivaiheinen virran mittaus, taso A
MECU3B <sup>a</sup>	Kolmivaiheinen virran mittaus, taso B
MEVO1A	Summajännitteen mittaus, taso A
MEVO1B <sup>a</sup>	Summajännitteen mittaus, taso B
MEVO3A	Kolmivaiheinen jännitteen mittaus, taso A
MEVO3B <sup>a</sup>	Kolmivaiheinen jännitteen mittaus, taso B
MEPE7	Kolmivaiheinen tehon ja energian mittaus
MEFR1	Järjestelmätaajuuden mittaus
MEDREC16	Transienttihakirioiden tallennin

#### 4.1.3 Suojaustoiminnot

REC 523-yksikössä on kaikki yleisimmät suojaustoiminnot, joita voidaan käyttää erilaisissa paikallisautomaatiotoiminnoissa, kuten vikapaikan erottamisessa. Suojaustoiminnot sisältävät suojaustoimintavalikoiman, jota voidaan käyttää myös

vikailmoituksiin. Luotettavat vianilmaisutoiminnot pitävät vikatilanteessa sekä operaattorin että DMS (Distribution Management System)-vianpaikannusjärjestelmän ajan tasalla vikavirtareitistä. Yksikön tukemat suojaus-toimilohkot ovat toisistaan riippumattomia, niiltä löytyy omat asetusryhmänsä ja tietojen rekisteröintitoimintonsa. /6/

Maasulkusuojaustoimintoja voidaan käyttää suunnattuun ja suuntaamattomaan maasulkusuojaukseen. Konfiguraatiossa on mahdollista valita joko suunnattu toimilohko (DEF2Low=Io>->), (DEF2High=Io>>->) tai suuntaamaton toimilohko (NEF1Low=Io>), (NEF1High=Io>>). Kolmivaiheiseen ylivirta- ja oikosul- kusuojaukseen on käytettävissä, suunnattu (DOC6Low=3I>->), (Doc6High=3I>>->) ja suuntaamaton toimilohko (NOC3Low=I>), (NOC3High=I>>). Vaihevirtojen epäsymmetrian tunnistustoimilohkoa CUB3Low pystytään käyttämään jakeluver- kon johtojen vaihekatkokkien tunnistamiseen. Jälleenkytkentätoimilohko (AR5Func) mahdollistaa ohjelmoinnin 5 jälleenkytkennälle. /20/ Taulukossa 2 on esitettyä suojaustoiminnot sekä niiden sisältämät toimilohkot.

**Taulukko 3. REC 523-yksikön suojaustoiminnot**

Toiminto	Kuvaus
AR5Func <sup>a</sup>	Automaattinen JK-toiminto (5 porrasta)
CUB3Low	Vaihekatkossuoja
DEF2Low	Suunnattu maasulkusuoja, virran alempi asetteluporras
DEF2High <sup>b</sup>	Suunnattu maasulkusuoja, virran ylempi asetteluporras
DOC6Low	Kolmivaiheinen suunnattu ylivirtasuoja, virran alempi asetteluporras
DOC6High <sup>b</sup>	Kolmivaiheinen suunnattu ylivirtasuoja, virran ylempi asetteluporras
Inrush3 <sup>b</sup>	Kolmivaihemuuntajan sysäysvirran ja moottorin käynnistysvirran ilmaisin
NEF1Low	Suuntaamaton maasulkusuoja, virran alempi asetteluporras
NEF1High <sup>b</sup>	Suuntaamaton maasulkusuoja, virran ylempi asetteluporras
NOC3Low	Kolmivaiheinen suuntaamaton ylivirtasuoja, virran alempi asetteluporras
NOC3High <sup>b</sup>	Kolmivaiheinen suuntaamaton ylivirtasuoja, virran ylempi asetteluporras
UV3Low <sup>b</sup>	Kolmivaiheinen alijännitesuoja, virran alempi asetteluporras
UV3High <sup>b</sup>	Kolmivaiheinen alijännitesuoja, virran ylempi asetteluporras

#### 4.1.4 Ohjaustoiminnot

Ohjaustoimintojen avulla pystytään ilmaisemaan kytkinlaitteiden tila, kuten kat- kaisijan tai erottimen asento ja tilatieto. Ohjaustoiminnoissa on lisäksi ohjauskoh- teita katkaisijoille ja erottimille, näyttökohteita kytkentälaitteiden ilmoituksia,

kytkentä- ja poiskytkentäkohteita ohjauslogiikkaa varten sekä erilaisia kohteita tiedonvalvontaa varten. Toiminnot valvovat verkkoa ja lähettävät hälytyksiä kun raja-arvot ylitetään. /6/

Katkaisijan ohjaustoimilohkoa (COCB1) käytetään katkaisijan auki ja kiinniohjaukseen. Toimilohkon toiminnallisuutteen kuuluu myös lukituslogiikka. Katkaisijan tilatiedot ja asento on mahdollista näyttää paikallisesti tai vaihtoehtoisesti siirtää tiedot käytönvalvontaan. /20/ Taulukossa 3 on esitettynä ohjaustoiminnot sekä niiden sisältämät toimilohkot.

**Taulukko 4. REC 523-yksikön ohjaustoiminnot**

Toiminto	Kuvaus
COCB1 <sup>a</sup>	Katkaisijan 1 ohjaus ja indikointi
COCB2 <sup>a</sup>	Katkaisijan 2 ohjaus ja indikointi
CODC1	Erottimen 1 ohjaus ja indikointi
CODC2	Erottimen 2 ohjaus ja indikointi
CODC3	Erottimen 3 ohjaus ja indikointi
CODC4	Erottimen 4 ohjaus ja indikointi
CODC5	Erottimen 5 ohjaus ja indikointi
CO3DC1	Kolmitilainen erotin (1) ja indikointi
CO3DC2	Kolmitilainen erotin (2) ja indikointi
COIND1	Kytintälaite 1 ja indikointi
COIND2	Kytintälaite 2 ja indikointi
COIND3	Kytintälaite 3 ja indikointi
COIND4	Kytintälaite 4 ja indikointi
COIND5	Kytintälaite 5 ja indikointi
COIND6	Kytintälaite 6 ja indikointi
COIND7	Kytintälaite 7 ja indikointi
COIND8	Kytintälaite 8 ja indikointi
COLOCAT	Logiikkaohjatunohjauspaikan valintatoiminto
COPFC <sup>b</sup>	Tehokertoimen valvoja

#### 4.1.5 Tietoliikenne

REC 523-yksikössä tiedonsiirto onnistuu ylemmän tason laitteille seuraavien tiedonsiirtoprotokollien kautta; SPA, LON, MODBUS, IEC-60870-5-101 ja DNP 3.0. Avointen ja standardiprotokollien avulla yksikköjä voidaan liittää Micro-SCADA-käytönvalvontajärjestelmiin. REC 523-yksikön tiedonsiirtovälineinä voidaan käyttää mm. GSM/GPRS-matkaviestinverkkoja, radiomodeemeja, tavanomaisia puhelinmodeemeja ja satelliittiyhteyksiä. /6/

## 4.2 Valvomoiden väliset liikennöinti-protokollat

Käytönvalvontajärjestelmissä käytettävät protokollat riippuvat pitkälti järjestelmätoimittajasta, sekä siitä mitä standardia (IEC tai ANSI) kyseisessä maassa noudatetaan. Protokollien pääsääntöiset käyttökohteet ovat ala-asemien ja käytönvalvontajärjestelmien väliseen kommunikointiin. Uudenaikaiset käytönvalvontajärjestelmät keskustelevat ja kommunikoivat eri yksiköiden ja laitteiden kanssa IP-verkon avulla. Vanhoissa järjestelmissä kommunikointi tapahtuu sarjaliikenteisesti, ja protokollat ovat useimmiten järjestelmätoimittajien itsensä kehittämiä. Standardoimisjärjestö IEC on luonut ja kehittää edelleen yhteisiä liikennöintiratkaisuja ja -malleja.

Seuraavassa on tutustuttu kolmeen eri liikennöinti-protokollaan. Protokollien toimintaa tarkastellaan MicroSCADA-järjestelmän yhteydessä. On kaksi eri tapausta miten IEC 60870-5-101/104-protokollia käytetään käytönvalvontajärjestelmissä. MicroSCADA voi toimia joko järjestelmän masterina tai vaihtoehtoisesti orjana, riippuen tapauksesta. MicroSCADA kerää tietoa ala-asemilta sekä ohjaa prosessia tietoliikenneyksiköiden ja RTU-yksiköiden kautta.

### 4.2.1 IEC 60870-5-101

Kyseinen protokolla on IEC 60870-5-perheen TC57-komitean kehittämä standardi. IEC 60870-5-101-protokolla on suunniteltu käytettäväksi sarjaliikenteiseen kommunikointiin käytönvalvonnassa. ABB:n sähkönjakelun automaatiokonseptissa käyttökohteena on yleisesti MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmien ja ala-asemien välinen tiedonsiirto. Protokolla koostuu komponenteista, jotka mahdollistavat myös liikennöinnin ala-asemien RTU-yksiköiden ja IED-laitteiden välillä.

/16/

Fyysisellä kerroksella IEC 60870-5-101-protokolla tarjoaa ITU-T-standardin käyttömahdollisuuden, joka on yhteensopiva EIA (Electronic Industries Association)-standardien RS-232 ja RS-485 sekä valokuituyhteyksien kanssa. /16/



IEC 60870-5-101 protokolla tarjoaa kaksi vaihtoehtoista tiedonsiirtoproseduuria käytettäväksi kommunikointiin käytönvalvontajärjestelmän ja ala-aseman välillä. Linkkikerroksella protokollaa voidaan käyttää kahdessa eri siirtotilassa, balansoimattomassa tai balansoidussa. Balansoimattomassa tiedonsiirrossa master-asema eli käytönvalvontajärjestelmä kontrolloi viestiliikennettä pollaamalla ala-asemia järjestyksessä. Pollaavissa eli kyselevissä, esimerkiksi SPA-väylää käyttävissä järjestelmissä, tiedonkeruuyksikkö on sähköaseman kommunikaationjärjestelmän isäntälaitte. Tässä tapauksessa ala-asemat voivat lähettää tietoa vain valvonta-aseman pyynnön myötä.

Balansoitua tiedonsiirtoa käytettäessä jokainen ala-asema voi aloittaa ilman erillistä kyselyä tietojen lähettämisen. Asemat voivat siis toimia yhtäaikaaisesti valvonta-asemien kanssa. Laitteilla on mahdollista itsenäisesti lähettää tietoa väylälle ja kysellä tietoja toisilta laitteilta. Balansoidusti toimivissa järjestelmissä tieto tapahtumasta siirtyy välittömästi, pollaavassa järjestelmässä vasta seuraavan kyselyn yhteydessä. Toisaalta balansoimaton järjestelmä on yksinkertaisempi toteuttaa ja hallita, koska valvonta-asemat voivat vapaasti päättää milloin ja miltä alaseimalta tietoa pyydetään. /3/ /16/ IEC 60870-5-101-protokollaa käyttävät laitteet tulevat tulevaisuudessa epäkäytännöllisiksi hitaan nopeuden ja käyttömaksujen vuoksi.

#### **4.2.2 IEC 60870-5-104**

IEC 60870-5-104 on uudenaikaisissa IP-verkoissa käytettävä käytönvalvontaprotokolla, joka hyödyntää modernien pakettikytkentäisten TCP/IP-verkkojen käyttöä sekä tukee WAN ja LAN tiedonsiirtoa. Protokollalla on siis mahdollista suorittaa tiedonsiirto valvonta-asemien ja sähköasemien välillä TCP/IP-verkon välityksellä.

IEC 60870-5-104- ja IEC 60870-5-101-protokollien toiminnallisuus sovelluskerroksella on lähes sama. Kyseiset protokollat jakavat saman tason ASDU-kehyksen viestinnässä, mutta eroavat toisistaan linkkitasolla. Peruserona edellä mainittujen protokollien välillä voidaan pitää sitä, miten ne käsittelevät tietoja ja tapahtumia. IEC 60870-5-104-protokolla mahdollistaa tapahtumien lähettämisen symmetris-

ti. Tämä tarkoittaa sitä, että ala-asemat pystyvät käsittelemään ja lähettämään samanaikaisesti tapahtumia ja pyyntöjä kun käytönvalvontajärjestelmä suorittaa taustalla toimintaansa. /17/

IEC 60870-5-104-protokollan suurimpana etuna voidaan pitää sitä, että se mahdollistaa kommunikoinnin standardoituun verkkoon, jonka kautta tiedonsiirto onnistuu useiden laitteiden ja palvelujen välillä. Protokollan myötä onnistutaan saamaan verkko entistä tehokkaampaan käyttöön, ja tämän ansiosta saadaan nopeammin toimitettua tietoa esimerkiksi hälytyksistä.

#### **4.2.3 DNP 3.0**

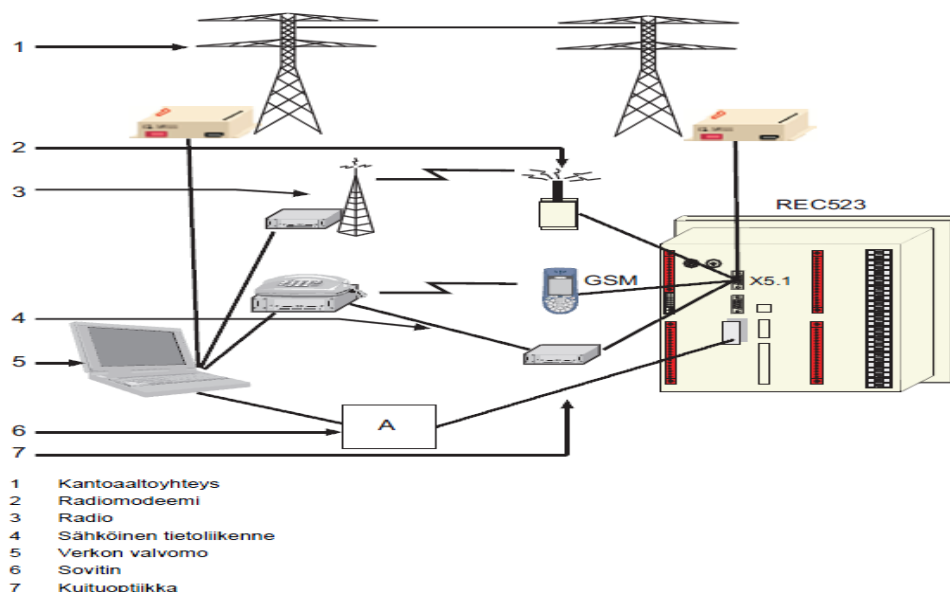
Universaali ratkaisu DNP 3.0 sai alkunsa, kun IEC 60870-5-protokollaperhe oli vielä kehityksen alla. Kyseinen standardi mahdollistaa liikennöinnin eri SCADA-valmistajien komponenttien välillä. DNP 3 on IEC-protokollakomponenttien pohjalta koostuva ratkaisu, joka on erityisesti ANSI-maissa käytettävä standardi sähköverkon kaukokäyttösovellusten protokollaksi. /13/

Verkkojen kehittymisen myötä DNP 3-protokolla on nykyisin soveltuva toimimaan myös pakettikytkentäisissä TCP/IP-verkoissa. Protokolla onkin yksi maailman käytetyimmistä IED-laitteiden ja RTU-yksiköiden välisen liikenteen protokollista. Protokolla on soveltuva myös ala-aseman ja valvontakeskuksen väliseen liikennöintiin. Siirtokerroksen kehykset voidaan sisällyttää TCP/IP-paketteihin, jonka ansiosta protokollaa on mahdollistaa hyödyntää myös IP-tekniikassa. /13/

#### **4.3 Kaukokäyttökommunikointi**

Yleisimmin tiedonsiirto sähköaseman ja valvomon välillä tapahtuu radiolinkin, valokuidun tai kiinteän yhteyden avulla. Valvomon ja jakeluverkon ala-asemien välinen tiedonsiirto tapahtuu yleensä radiopuhelin- tai pakettiradioverkon välityksellä. Tiedonsiirron avulla voidaan täysin hyödyntää verkkoon asennettujen monipuolisten IED-laitteiden toiminnallisuutta.

Kommunikointia tiedonkeruulaitteilta kaukokäyttöjärjestelmään kutsutaan kaukokäyttökommunikoinniksi. Tiedonkeruuyksikkö voi toimia yksinkertaisimmillaan yhdyskäytävänä asematason ja kaukokäyttökommunikaation välillä. Tiedonsiirtoyksikkö voi toimia myös raportointiyksikkönä, jolloin siihen voidaan liittää tapahtumakirjoitin. Kuvassa 10 on esitettyä REC 523-yksikön tukemat eri tiedonsiirtomenetelmät.



Kuva 10. REC 523-yksikön tiedonsiirtomenetelmät

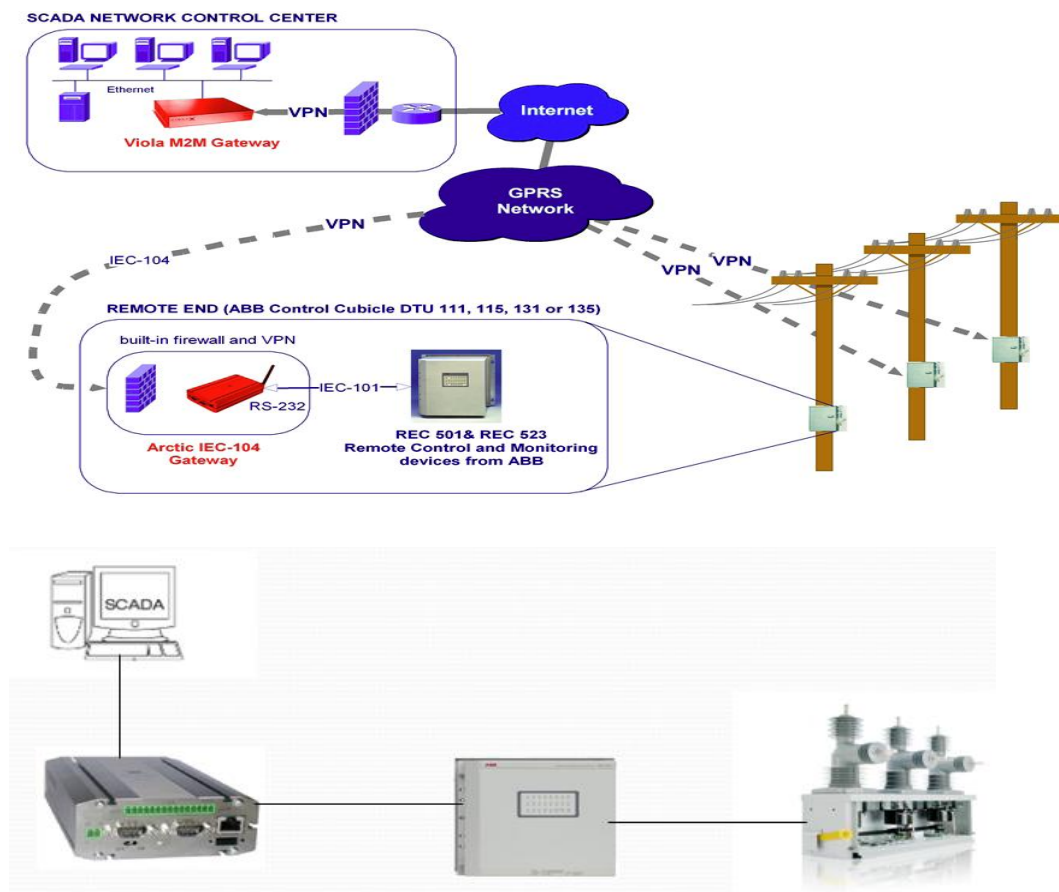
#### 4.3.1 Viola Arctic IEC-104 GW

Violan valmistama langaton Arctic IEC-104 on GPRS-yhteydellä toimiva tiedonsiirtolaite. GPRS-liitäntäinen viestiyhteys voidaan valita käytettäväksi kauko-ohjattaville kytkinlaitteille. GPRS-tiedonsiirtoyhteyttä käytettäessä yhteys muodostetaan palveluntarjoajan palvelimelle, jota kautta muodostetaan yhteys haluttuun kohteeseen. GPRS tarjoaa pakettimuotoisen, avaamisesta sulkemiseen auki olevan tiedonsiirtopalvelun. GPRS-tiedonsiirtoyhteys takaa paremman vasteajan sekä vähentää käytöstä aiheutuvia kustannuksia loppukäyttäjälle verrattuna GSM-tiedonsiirtoon. GPRS/EDGE-tiedonsiirtoyhteyden huonoista puolista voidaan

mainita tukiasemien akuston kapasiteetti sähkökatkoksissa sekä liittymän ylläpitämiseen liittyvä hinnoitteluriski.

Violan tiedonsiirtolaitteen jatkuva tietoliikenneyhteys on suojattu ja salattu sisäisellä VPN:llä ja palomuurilla. Kaksisuuntainen GPRS/EDGE kommunikointi staattisilla IP-osoitteilla pystytään välittämään käytönvalvontaan Viola M2M- reitittimen tai yksityisen matkapuhelinoperaattorin APN palvelun avulla. /24/ Kyseinen tiedonsiirtomenettely käytönvalvontajärjestelmästä katkaisija-asemalle on esitettyä kuvassa 11.

Violan käyttöliittymän konfigurointi suoritetaan Web-pohjaisella sovelluksella. Web-selaimeen syötetään tiedonsiirtolaitteen käyttämä IP-osoite, jolloin päästään käsiksi Violan tiedonsiirtolaitteen kommunikointiaseteluihin. /23/



**Kuva 11. Violan kommunikointi käytönvalvontaan**

Arctic IEC-104 tiedonsiirtolaitteella voidaan IEC 60870-5-101-protokollan laitteet liittää nykyaikaiseen TCP/IP-IEC-104-valvontajärjestelmään. Sillä voidaan toteuttaa esimerkiksi ala-asemana toimivan REC 523-yksikön kommunikointi kauko-käyttöjärjestelmään. Arcticilla pystytään siis protokollien muuntamisen IEC 60870-5-101 ja IEC 60870-5-104 välillä, sekä tiedustelemaan IEC-101 laitteita paikallisesti. Kyseinen menettely poistaa tarpeen jatkuvaan kyselyyn etäyhteyden kautta, jonka myötä tiedonsiirtokustannukset pienenevät. Arctic-reitittimellä onnistutaan useiden tapahtumien lähettäminen samalla kertaa yhdessä TCP/IP-paketissa, sen sijaan että jouduttaisiin lähettämään niitä yksilöllisesti. Tämän ansiosta viivästykset poistuvat GPRS-verkosta ja tiedonsiirto on nopeampaa ja luotettavampaa. /23/

Violan valmistama tiedonsiirtolaite on suunniteltu kestämaan äärimmäiset ympäristöolosuhteet, joten se on hyvin soveltuva teollisuuden käyttöön. Arctic ei tarvitse erillistä radioverkon suunnittelua, joten laitteeseen voidaan liittää erilliset ulkoiset antennit asennuspaikan vaatimusten mukaisesti. Hyvänä ominaisuutena voidaan mainita myös suora I/O-liitäntämahdollisuus erilaisten hälytysten lähettämiseksi. /23/

### **4.3.2 Radiomodeemi Satellite**

Radiomodeemien kommunikointi on toteutettu langattomasti, ja niiden toiminta perustuu joko point-to-point tai multipoint pohjaiseen tapaan. Tiedonsiirtoverkko pystytään rakentamaan ilman operaattoreita, ja verkot toimivat silloin UHF tai VHF taajuuksilla. Radiomodeemien kantama on riippuvainen sen lähetystehosta, antennivahvistuksesta ja maston korkeudesta sekä ympäristöstä. Avoimessa ympäristössä 1 W:n lähetysteholla pystytään radiolinkin kantamaksi saavuttamaan yli 20 km. Kaupunkiolosuhteissa samalla lähetysteholla kantama on muutamasta kilometristä 10 kilometriin. Toistinasemia käyttämällä saadaan etäisyyksiä kasvatettua suuremmaksi. Radiomodeemit ovat soveltuvia käytettäväksi sähkön-, veden-, ja kaasunjakelussa, SCADA-järjestelmissä sekä kaukokäyttöön ja – ohjaukseen. /22/

Energiasektorilla SATELLINE-radiomodeemeja käytetään esimerkiksi SCADA-järjestelmien tiedonsiirtoon. Varavirtalähteellä ja akustolla varustettujen radiomodeemien tiedonsiirto toimii, vaikka muu sähkönjakelu- tai tiedonsiirtoverkko olisikin poissa käytöstä. Tämän ansiosta saadaan nopeasti tieto vikatilanteesta keskukseseen ja asiaan pystytään reagoimaan välittömästi. SATELLINE-radiomodeemilla pystytään monitoroimaan sähköverkon ja linkkiaseman kuntoa. Sähkönjakelussa tapahtuvan häiriön vikakohta pystytään paikallistamaan nopeasti, ja ongelma on mahdollista ratkaista jopa kaukokäyttöisesti radiomodeemien avulla. Radiomodeemien tiedonsiirto on kaksisuuntainen, eli keskukselta pystytään lähettämään tietoa ala-asemille ja päinvastoin. /22/

Oman radioverkon käytön etuina voidaan pitää sen edullisuutta, koska erillistä kaapelointia ei tarvita. Haittoina voidaan pitää herkästi syntyviä häiriöitä ja lähettimien lyhyitä kantamia sekä hidasta tiedonsiirtoa. Radiomodeemi tiedonsiirtomenetelmänä verrattuna matkapuhelinverkkoon on kalliimpi perustaa, mutta edullisempi käyttää.

## 5 KATKAISIJA-ASEMAN KONFIGUROINTI JA LIITYNTÄ KÄYTÖNVALVONTAAN

### 5.1 Ala-aseman konfigurointi

REC 523-yksikkö on suunniteltu ja valmistettu useisiin erilaisiin sovelluksiin. Tässä työssä REC 523-yksikköä OVR-verkkokatkaisijan ohjaukseen ja suojaukseen. Testattava REC 523-ohjausyksikkö on sisällytetty ohjainkaappiin, joka sisältää katkaisijan ohjausjärjestelmän ISD2000 ja mekaniikan lisäksi kommunikointilaitteistot sekä akustot. Kommunikointilaitteistona käytetään Viola Systems Arctic IEC-101/104-reititintä. Kuvissa 12 ja 13 on esitettynä testattavat laitteistot, ala-aseman ohjainkaapin sisältö sekä OVR-verkkokatkaisija.

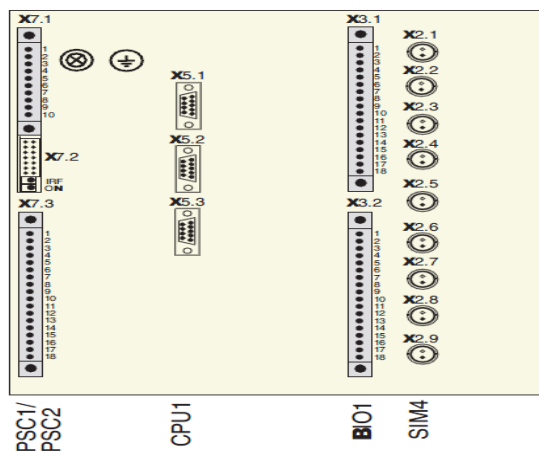


Kuva 12. Ala-aseman ohjainkaappi



**Kuva 13. OVR-verkkokatkaisija**

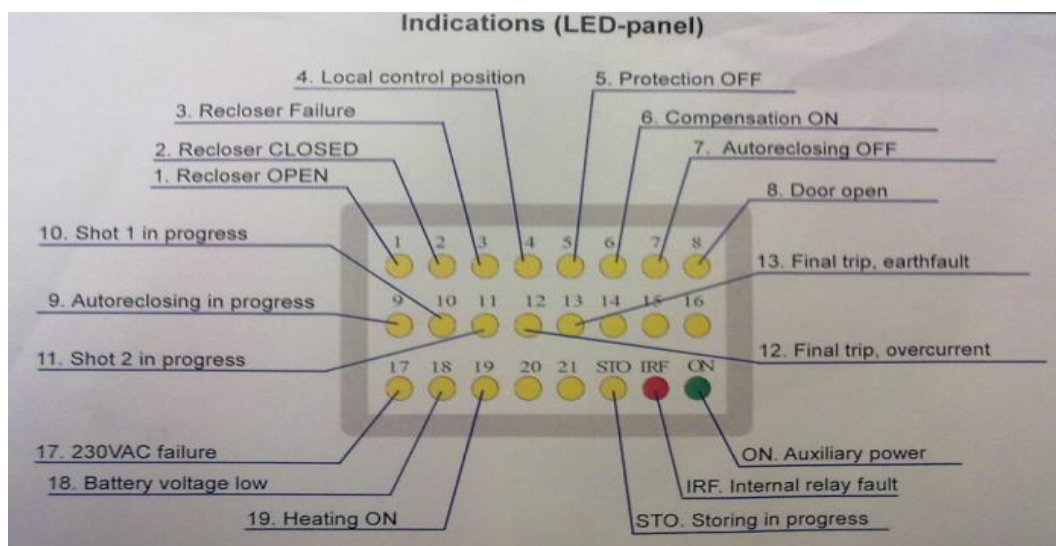
REC 523 ohjausyksikön konfigurointi on tehty käyttämällä CAP 505 ohjelmaan sisältyvää Relay Configuration Tool-työkalua. Mittauslaitteet ja analogiakanavien signaalityypit valitaan ja konfiguroidaan relekonfigurointityökalun valintaikkunassa. Kuvassa 14 on esitettyä REC 523-yksikön sisältämät liitännät, jotka koostuvat yhdestä RS 485- ja kahdesta RS 232-sarjaliikenneportista. Yhdeksännapainen RS 485-liitäntä X5.3 liittää REC 523-yksiköt jakeluautomaatiojärjestelmään LON-väylän kautta. RS 232-portin X5.1 avulla käytetään etätiedonsiirto-protokollaa, ja toista RS 232-porttia X5.2 käytetään parametointiin SPA-väyläprotokollan avulla /6/



**Kuva 14. REC 523-yksikön liitännät**



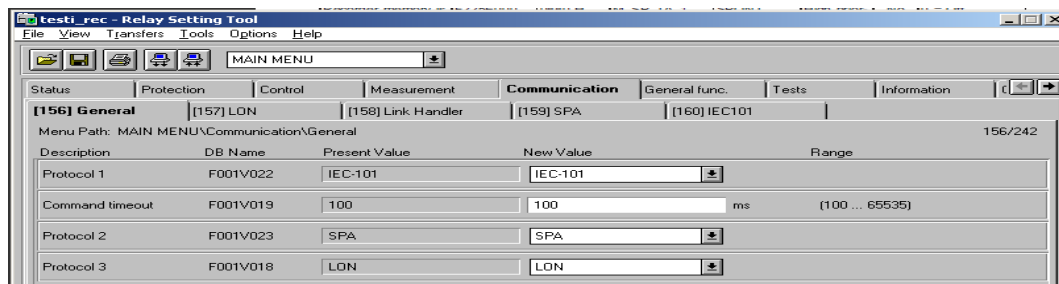
REC 523-yksikön LED-näyttö koostuu 21 vapaasti konfiguroitavasta ledistä, joihin on ohjelmoitu ja konfiguroitu tässä työssä kuvan 15 mukaiset indikoinnit. Ledit ilmaisevat kytkinlaitteiden tilatiedot, vikaindikaatioinnit sekä hälytykset.



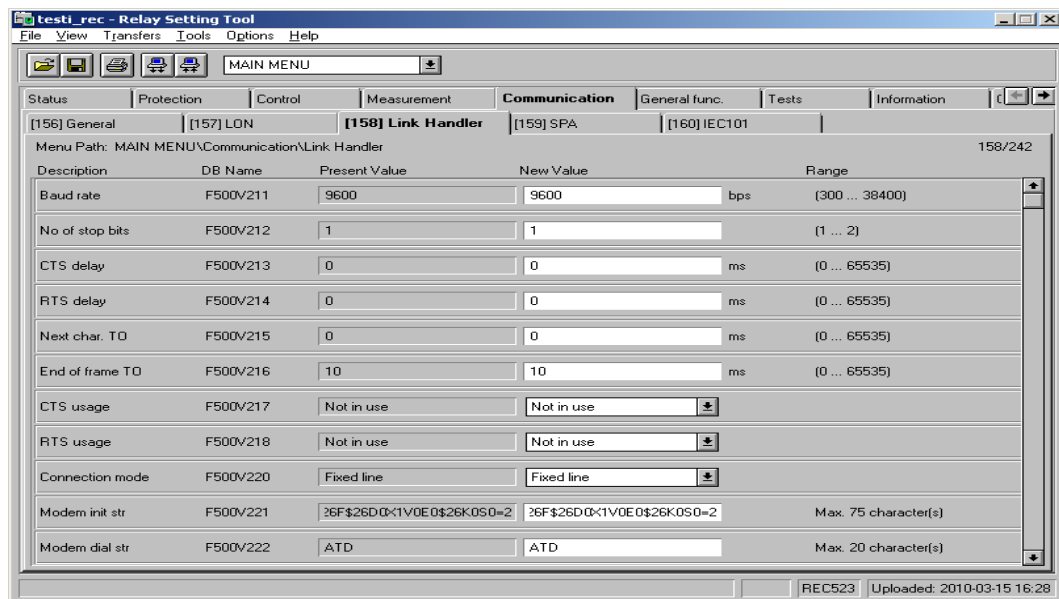
**Kuva 15. Ledien indikoinnit**

Työssä käytettiin OVR-katkaisijalle toteutettua REC 523-yksikön vakiokonfiguraatiota, joka on jo valmiiksi ladattuna testattavaan releeseen. IEC 60870-5-101-protokollaa käytettäessä MicroSCADA saadaan kommunikoidaan REC 523-yksikön kanssa RS 232-kaapelin kautta, joka on kytketty PC:n päässä COM-porttiin ja releen puolella X5.1-liitäntään. Seuraavassa tietoa käytettävistä konfiguraatio asetteluista.

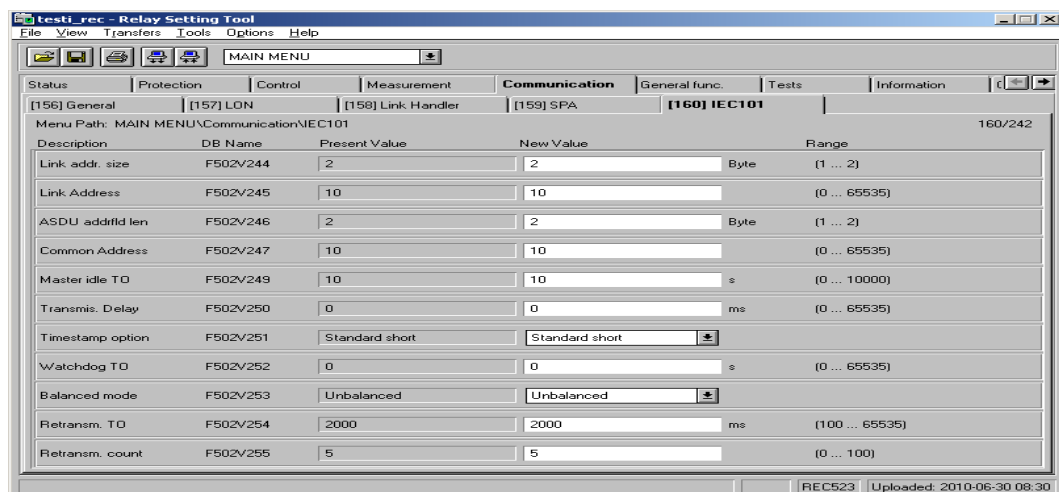
SPA-protokollaa käytettäessä X5.2-väylään liitetään parametrintikaapeli, jolloin päästään CAP 505-ohjelman kautta lukemaan releelle asetellut parametrit. Protokolliin liittyvät määrittäykset ja Link Handler-asettelut on esitetty sivun 50 kuvissa 16 ja 17. Kuvassa 18 on esitetty IEC 101-linjan toimivuutta varten tehdyt kommunikointiasettelut. Linkkiosoite on 10, jolla tarkoitetaan IEC-linkin osoitetta. Tämän osoitteen määrittää IEC-aseman PA-attribuutti. Asemaosoite on ADSUn yleinen osoite, tämän osoitteen määrittää IEC-aseman SA-attribuutti. MicroSCADAan tietokannan puolella asemaosoitteeksi (Unit number, UN) asetellaan linkkiosoitteen mukaisesti 10.



Kuva 16. Protokolla-asettelut



Kuva 17. Link Handler-asettelut

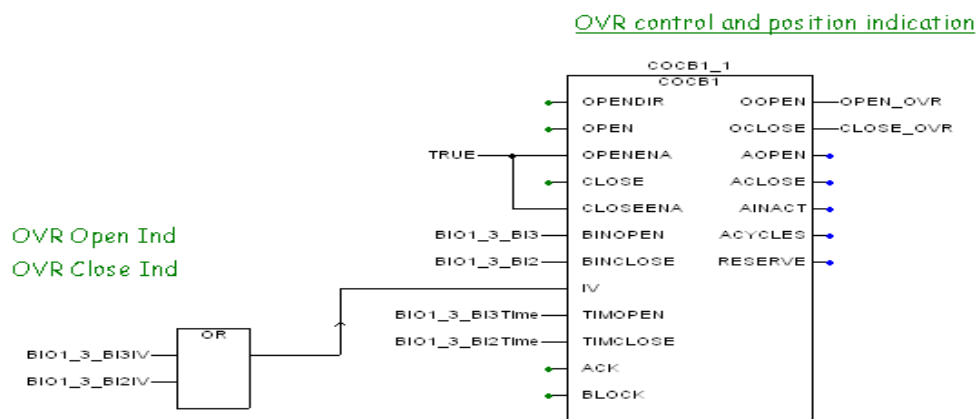


Kuva 18. IEC 101-kommunikointiasettelut

### 5.1.1 Katkaisijan ohjaus

OVR-verkkokatkaisijan ohjaus ja asennon osoitus on toteutettu releen toimilohkolla COCB1, lohkolta on saatavissa katkaisijan tilatiedot ja ohjaukset. Konfigurointityökalussa toimilohkon vasempaan reunaan linkitetään mm. katkaisijan lukitukset ja tilatiedot. Toimilohkon oikeassa reunassa on nähtävissä ohjauskomentoja seuraavat ulostulot, jotka kytketään edelleen ohjaamaan ulostuloreleitä. Katkaisijan ohjauksen tiloja ovat kiinni tai aukiasento tai määrittelemätön asento. Toimilohkolle tehdyt konfigurointiasettelut on esitettyä kuvassa 19.

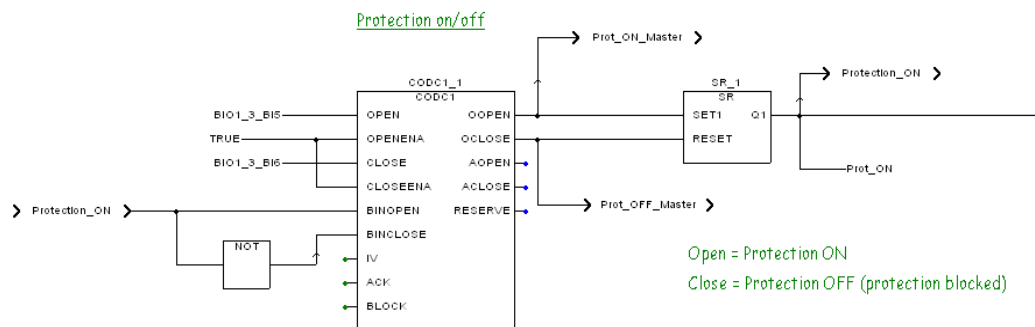
Tilatiedot luetaan erillisillä kiinniasennon ja aukiasennon indikoivilla tuloilla, epämääräinen tila tuodaan liittimeen IV. Katkaisijan aukikomento voidaan suorittaa joko paikallisesti, kaukokäyttöisesti tai loogisella open signaalilla. Kun vakioarvo TRUE on kytketty input liittimiin OPENENA ja CLOSEENA on katkaisijan avaaminen ja sulkeminen sallittua kaikissa tilanteissa. Katkaisijan aukiasennon kosketintulo tuodaan liittimelle BINOPEN ja kiinniasennon kosketintulo liittimelle BINCLOSE. Katkaisijan avautumisaika mitataan muuttujaan, joka tuodaan tuloon TIMOPEN ja vastaavasti sulkemisaika tuloon TIMCLOSE tuodulla muuttujalla. /4/



Kuva 19. Katkaisijan ohjaustoimilohko

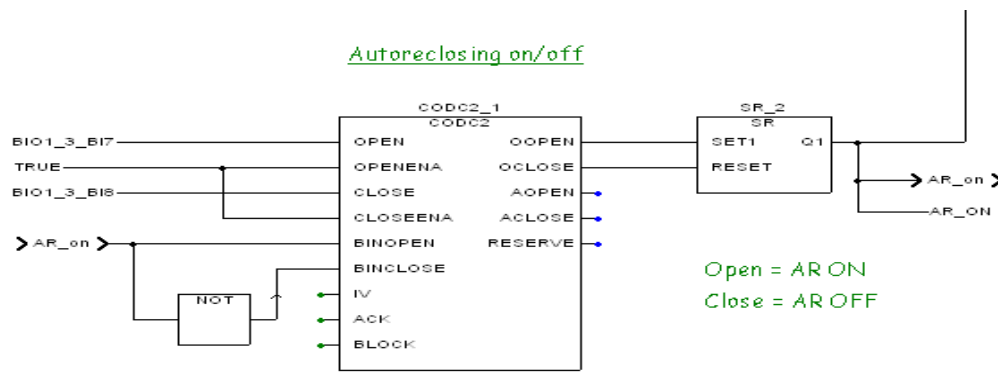
### 5.1.2 Suojaukset

Suojauksien lukitus päälle/pois-toiminto on toteutettu CODC1-toimilohkolla, kuvan 20 mukaisesti. Toimilohko on konfiguroitu siten, että indikoinnin ollessa auki tilassa ylivirta- ja maasulkusuojaukset ovat toiminnassa. Indikoinnin ollessa kiinni tilassa suojaukset ovat lukittu ja pois päältä. Suojauksien päälle/pois-kytkentä toimii masterina, joka ohjaa aina kytkettäessä myös maasulkusuojat päälle/pois. Toimilohkon ulostulot OOPEN ja OCLOSE signaalit on kytketty suunnattujen ylivirtasuojasportaiden DOC6Low- ja DOC6High-toimilohkojen digitaalisen lukitussignaalin BS1 tuloihin, toiminto on toteutettu SR-kiikun avulla.



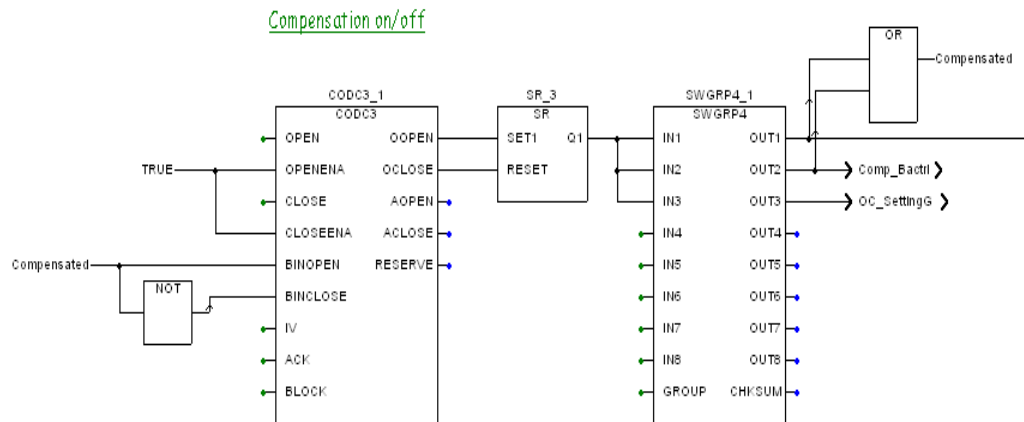
Kuva 20. Suojauksien lukitustoimilohko

Jälleenkytkentöjen päälle/pois toiminnot on toteutettu CODC2-toimilohkolla, joka on esitetty kuvassa 21. Indikoinnin ollessa auki tilassa jälleenkytkennät ohjautuvat päälle, ja kiinni tilassa jälleenkytkennät asettuvat pois päältä. Muuttujalla AR\_ON välitetään jälleenkytkentöjen ohjauskäsky päälle.



**Kuva 21. Jälleenkytkentöjen toimilohko**

Sammutetun verkon päälle/pois toiminnot on toteutettu CODC3-toimilohkolla, joka on esitettyä kuvassa 22. Sammutetussa verkossa kytketään verkon tähtipiste maahan sammutuskuristimen eli induktanssin kautta, jonka avulla kompensoidaan kapasitiivista loisivirtaa. Sammutetussa verkossa vikavirta kulkee säädettävän sammutuskuristimen kautta.



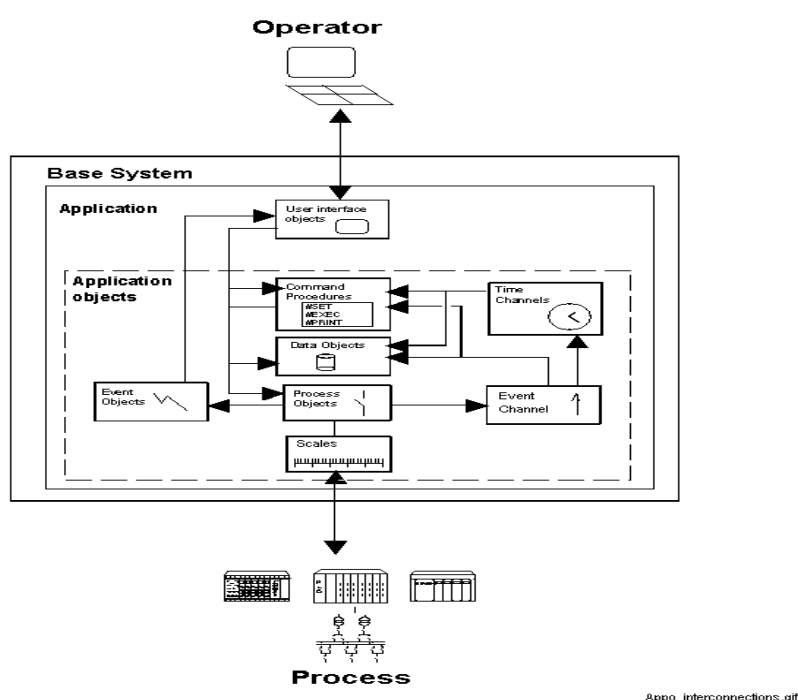
**Kuva 22. Sammutetun verkon toimilohko**

## 5.2 MicroSCADAn rakenne

Käytönvalvontajärjestelmä muodostaa olennaisen ja tärkeän osan valvomoautomaatiossa. Käytönvalvontajärjestelmän tehtävänä on prosessien keskitetty valvonta, ohjaus ja raportointi. Mittaustiedoista on mahdollista saada selville esimerkiksi

siirrettävät tehot, sähköasemien jännitteet ja virrat. Tilatiedoista voidaan muun muassa saada selville kytkinlaitteen tilatiedot. Tapahtumatiedot sisältävät verkon tapahtumista koostuvaa tietoa, kuten katkaisijoiden ohjaukset ja suojauslaitteiden toiminnot. Tässä työssä käytetään ABB:n kehittämää MicroSCADA Pro Ver 9.2 käytönvalvontajärjestelmää.

Käytönvalvontajärjestelmä koostuu perussysteemistä sekä yhdestä tai useammasta sovelluksesta ja sovelluskohteesta. Kuvassa 23 on esitettyä MicroSCADAn sovelluskohteet, sekä niiden välisiä yhteyksiä havainnollistava kuva.



Kuva 23. MicroSCADAn rakenne

### 5.2.1 Sovellusohjelmat

Yksinkertaisesti voidaan todeta, että sovellus koostuu joukosta ohjelmitavia kohteita, jotka keskustelevat keskenään, sekä käyttäjän että prosessilaitteiston kanssa. Järjestelmän kohteita on kahta päätyyppiä:

- käyttöliittymäkohteet ovat järjestelmän kohteita, jotka muodostavat sovelluksen käyttöliittymän eli näkymät kuvaruudulla

– sovelluskohteet ovat sovellusohjelmia, joiden avulla pystytään määrittelemään prosessin ohjaustoiminnot, laskennat, tietojen tallennus sekä ohjaus. Sovelluskohteet voivat olla prosessin datakuvauksia (prosessikohteet), raporttitietoja (datakohteet), ohjausohjelmia (komentoproseduurit) ja aktivoimismekanismeja (tapahtumakanavat, aikakanavat ja tapahtumakohteet). /9/

### 5.2.2 Sovelluskohteet

Seuraavassa on selitettynä sivun 54 kuvan 23 sovelluskohteiden toimintaperiaatteet sekä niiden käyttötarkoitus.

**Prosessikohteet** ovat käytönvalvontajärjestelmään liitettyjä prosessisignaaleja. Prosessikohteet valvovat asemille määriteltyjä prosessisignaaleja sekä ohjaavat signaalien lähettämistä asemilta prosessilaitteille reaaliaikaisesti. Prosessikohteisiin sisältyy kaikki asemien tulo- ja lähtöliitännät, joita edustaa MicroSCADAn tietokannassa oleva prosessipiste, esimerkiksi johtolähtö, katkaisijat, erottimet, jännitteen ja virran mittaukset. Yleinen valvonta ja tilatietojen informointi voidaan siis esittää prosessikohteiden avulla. /9/

**Skaalat** ovat koostumukseltaan algoritmeja, joita käytetään prosessiasemien lähettämien prosessi-arvojen muuntamiseen järjestelmässä käytetyn mittayksikön arvoiseksi. Skaalauksen avulla saadaan oikea arvo prosessitietokantaan sekä käyttöliittymäkohteisiin kuvaruudulle. /9/

**Datakohteet** kirjaavat ja tallentavat kerättyjä tai laskettuja tietoja. Datakohteisiin tallennetuista tiedoista voidaan muodostaa mm. trenditietojen ja historiatietojen tallentamiseen. /9/

**Komentoproseduurit** ovat joko automaattisesti tai manuaalisesti suoritettavia SCIL-ohjelmia MicroSCADAssa. Proseduurien avulla voidaan suorittaa erilaisia kauko-käyttötoimenpiteitä prosessissa sekä suorittamaan automaattisesti tiettyjä operaatioita järjestelmän käynnistyessä. Esimerkiksi tietojen haku ala-asemilta sekä käyttöliittymäkohteiden päivitys on mahdollista suorittaa komentoproseduurien avulla. Komentoproseduurit aktivoituvat automaattisesti joko aikakanavien,

tapahtumakanavien tapahtumakohteiden tai manuaalisesti operaattorin suoran ohjauksen kautta. /9/

**Aikakanavat** ovat aikatauluja, joiden tehtävänä on aktivoida automaattisesti aikaan sidottuja ohjelmien suorituksia raportti tietokannassa, kuten datakohteiden kirjauksia ja komentoproseduurien suorituksia. Aikakanavilla on mahdollista toteuttaa esimerkiksi mittauksien ja tietojen haku raporttitietokantaan tietyin aikavälein. /9/

**Tapahtumakanavat** ovat sovellusohjelmia, jotka käynnistävät automaattisesti tapahtumiin perustuvia operaatioita tietokannassa. Tapahtumakanava voi käynnistää datakohteiden kirjauksen, komentoproseduurien suorituksen tai aikakanavien aktivoitumisen. Nämä kohteet ohjaavat automaattisesti tapahtumiin perustuvia kirjauksia sekä ohjelmien suorituksia, kuten esimerkiksi katkaisijan avautumisen tapahtumatiedot tapahtumalistaan ja raporttitietokantaan. /9/

**Tapahtumakohteet** käynnistävät tiettyjen tapahtumien pohjalta automaattisesti käyttöliittymäkohteissa suoritettavia ohjelmia. Käynnistettävät operaatiot määritetään kuviin ohjelmasekvensseinä ja Visual SCIL-kohteisiin tapahtumasidonnaisina metodeina /9/

### 5.3 REC 523-yksikön liittäminen MicroSCADAan

MicroSCADAn järjestelmä on aluksi konfiguroitava, jotta järjestelmä saadaan toimimaan IEC 60870-5-101-liikennöinti-protokollalla. REC 523 X5.1-tiedonsiirtoväylästä yhdistetään tiedonsiirtokaapeli PC:n COM-porttiin. System Configuration työkalulla tehdään tarvittavat PC-NET kommunikointiasetukset sekä määrittelyt, jonka myötä saadaan liikennöinti toimimaan releen ja MicroSCADAn välillä. Seuraavassa käydään läpi kommunikaatiojärjestelmän konfigurointi. Kommunikatioyhteyden konfiguroinnin tarkoituksena on luoda kaikki järjestelmän kohteet, joita tarvitaan yhteyden muodostamiseen masterin ja slaven välillä.

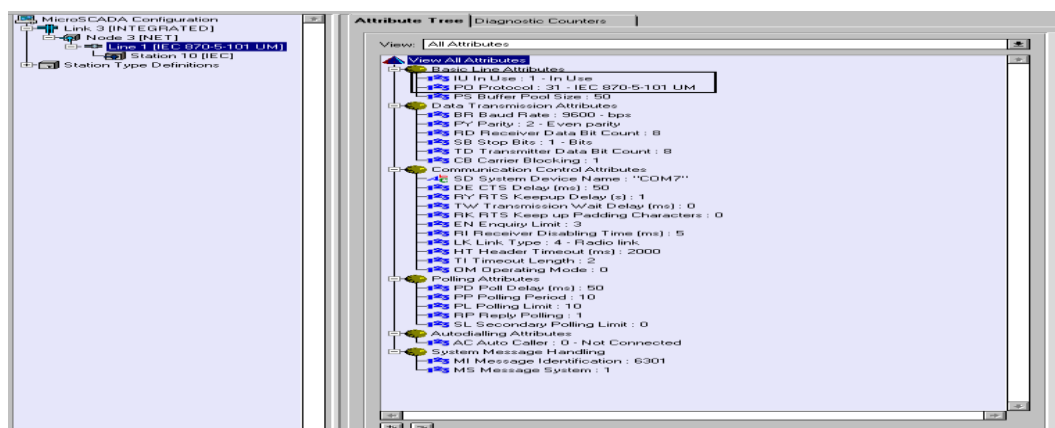


Jokainen PC-NET-yksikkö sisältää järjestelmäkohteiden asettelun. Asetteluissa määritetään linjan ominaisuudet, yhdistetään laitteet keskenään sekä määritellään muut tarvittavat ominaisuudet. IEC 60870-5-101–Master-protokollan toteuttaminen MicroSCADA-järjestelmässä voidaan jakaa kahteen eri kerrokseen, linkki- ja sovelluskerrokseen. Linkkikerros muodostaa NET-yksikön linjalle ja sovelluskerros asemalle. /7/

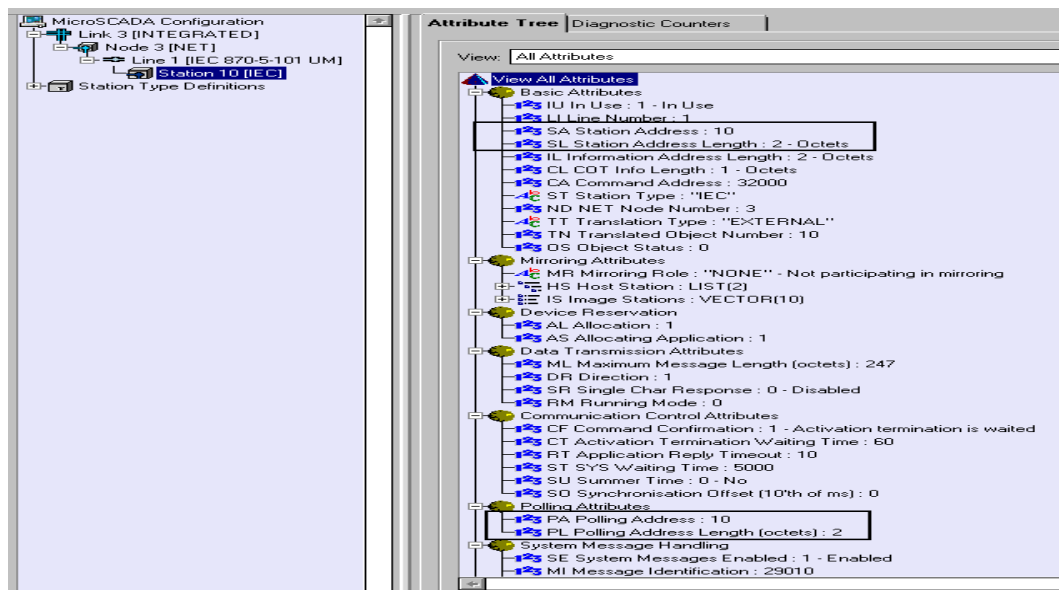
### 5.3.1 Kommunikaatiojärjestelmän konfigurointi

Konfigurointi toteutetaan kahdessa eri vaiheessa. Aluksi System Configuration työkalussa luodaan uusi linja, ja valitaan käytettäväksi tässä tapauksessa IEC 870-5-101 Unbalanced Master Line. Tämän jälkeen luodaan ja määritetään uusi IEC-asema. Asemalle asetetaan (Station Address, SA) ja (Polling Address, PA) osoitteiksi 10. Näiden asettelujen myötä konfigurointi on valmis ja asetukset tallennetaan. MicroSCADA on käynnistettävä uudestaan, jotta tehdyt asetellut astuvat voimaan. Linjalle ja asemalle tehdyt konfigurointiasettelut ovat esitettynä kuvissa 24 ja 25.

Luotu linja ja asema avataan online-tilassa, jolloin saadaan diagnosoitua kommunikoinnin toimivuus toimintalaskurit välilehdessä. Liikennöinti releen ja MicroSCADAn välillä toimii, kun toimintalaskurien indikoiman vastaanotetun ja lähetyn tiedon määrä lisääntyy. Kommunikoinnin toimivuus on todettavissa sivulla 59 kuvissa 26 ja 27.



Kuva 24. Linjan konfigurointi



Kuva 25. Aseman konfiguointi

MicroSCADA Configuration

- Link 3 [INTEGRATED]
  - Node 3 [NET]
    - Line 1 [IEC 870-5-101 UM]
      - Station 10 [IEC]
        - Station Type Definitions

Attribute Tree | Diagnostic Counters

Index	Diagnostic Counter	Value
1	Transmitted Messages/Telegrams	16372
2	Failed Transmissions	0
3	Transmitted Timeouts	0
4	Transmitted ACKs/Fetch	1
5	Transmitted NAKs/Polls	0
6	Transmitted ENQs/Broadcast	0
7	Received ACKs	0
8	Received NAKs	0
9	Received ENQs/Timeouts	0
10	Received EDTs	0
11	Received Messages/Telegrams	20
12	Parity Errors	0
13	Overrun Errors	0
14	Redundancy Errors	0
15	Framing Errors	0
16	Buffer Overflow Errors	0

Kuva 26. Linjan toimintataskuri

Attribute Tree | Diagnostic Counters

Index	Diagnostic Counter	Value
1	Suspended	0
2	Suspensions	3
3	Sent Data Messages	0
4	Sent Command Messages	65
5	Sent Confirm Messages	0
6	Received Data Messages	191
7	Received Command Messages	0
8	Received Confirm Messages	110
9	Unknown Messages	0
10	Received Too Long Messages	0
11	Link Response Timeouts	0
12	TCP Connects	0
13	TCP Accepts	0
14	TCP Closes	0
15	Application Response Timeouts	0

Kuva 27. Aseman toimintataskuri

## 5.4 Prosessikohteiden luonti

Kun liikennöinti on saatu toimimaan REC 523-yksikön ja MicroSCADAn välillä, on seuraavana toimenpiteenä luoda prosessikohteet sekä määrittää niille prosessipisteet MicroSCADAn tietokantaan.

Prosessikohteet ovat käytönvalvontajärjestelmään liitettyjä prosessisignaaleja, joiden tehtävänä on tallentaa ja valvoa prosessin tilaa reaaliajassa. Prosessikohteet toimivat ohjausjärjestelmän ja ohjattavan prosessin välisinä yhteyksinä. Prosessikohteisiin sisältyy kaikki tarvittavat järjestelmän pisteet, joista on mahdollista saada tietoa ja kauko-ohjata. Jokaiselle toiminnolle on luotava omat prosessipisteensä ohjauksille, mittauksille, hälytyksille sekä suojauksille. Prosessikohteen prosessitiedot koostuvat erilaisiin tietoihin perustuvista leimuksista, kuten esimerkiksi aika- ja luotettavuusleimoista.

Tool managerissa sijaitsevilla Object Navigator-ohjelma on sovelluskohteiden määrittästyökalu, jolla voidaan tarkastella ja käyttää erityyppisiä sovelluksia, kuten prosessipisteitä. Object Navigator-työkalulla voidaan luoda, joko yksittäisiä prosessikohteita tai vaihtoehtoisesti asentaa ja konfiguroida valmiita standardifunktiokokonaisuuksia kirjastosta. Yleisesti prosessikohteet luodaan käyttämällä apuna standardikirjastoja SA\_LIB ja LIB 500. Konfiguraation suorittamisen jälkeen jokainen prosessitason sisääntulosignaali olisi vastattava järjestelmässä sijaitsevaa prosessikohdetta, joiden arvot vaihtuvat prosessitiedon saamisen jälkeen. /8/

Käytönvalvontajärjestelmä MicroSCADAan tarvittava tieto koostuu tilatiedoista, hälytyksistä, ohjauksista, mittauksista sekä suojauksista. Katkaisija-asemalta on mahdollista saada seuraavanlaista tietoa: verkkokatkaisijan tilatiedot eli au-ki/kiinniohjaukset, kauko-paikalliskytkimen asennon tilatieto, lämpötila, ohjainkaapin akuston jännitteen ja kunnonvalvonnan mittaus.

Ensimmäisenä tietokantaan luodaan prosessikohteet asemalle, kuvan 28 mukaisilla määrittelyillä. Katkaisija-aseman nimeksi, eli prosessikohteen tunnisteeksi (Object Identifier, OI) annetaan tässä työssä ”OVR”, ja loogiseksi nimeksi (LN) ”OVR3REC”. Tiedonsiirtoprotokollana käytetään IEC 60870-5-101, kun alasemana toimii REC 523.

The screenshot shows a software window titled "OVR3REC - Standard Function". It has three tabs: "Attributes", "Programs", and "Tools". The "Attributes" tab is selected. The window contains several input fields and checkboxes:

- STATION\_NAME**: Text field containing "OVR".
- P\_OBJECT\_LN**: Text field containing "OVR3REC".
- STATION\_TYPE**: Text field containing "IEC 870-5-101/104".
- DEFINE\_ITEM\_NAME**: A checkbox that is currently unchecked.
- OPC\_ITEM\_PREFIX**: Text field, empty.
- OPC\_LN\_INSTANCES**: Text field containing "0".
- CMD\_PARAMETER**: Text field containing "Double command".
- OUTPUT\_STATUS**: A checkbox that is currently unchecked.
- AUTHORIZATION\_GROUP**: Text field containing "MV\_CONTROL".
- STATION\_LR\_IN\_USE**: A checked checkbox.
- IND\_DOUBLE\_BINARY**: A checked checkbox.
- LR\_REMOTELY\_CONTROLLABLE**: A checked checkbox.
- EVENT\_RECORDING**: A checkbox that is currently unchecked.

On the right side of the window, there are four buttons: "OK", "Cancel", "Apply", and "Help...". At the bottom right, there is a label "from Product:" followed by a text field containing "SYS 600".

**Kuva 28. Prosessikohteen luonti asemalle**

Kuvassa 29 on esitettyä prosessikohteiden luonti katkaisijalle. Katkaisijan ohjauksen prosessikohteen tyyppinä käytetään nelikriteeritietoa, joka on tietotyyppiltään (Double Binary Indication, DB) signaali, jolloin tilatietojen indikoinnit ovat seuraavanlaiset, (00=0)=välitila (01=1)=kiinni, (10=2)=auki, (11=3)=virheellinen. Prosessikohteen tyyppi on riippuvainen siitä, millainen on sitä vastaava aseman tulo/lähtöliitäntä. Ohjaustyyppi on toteutettu suojatulla komennolla, joka sisältää yhden binääriulostulon. Motorized toiminto valitaan aina silloin kun kytkinlaite on kauko-ohjattava.

**OVR3REC\_Q0 - Standard Function**

Attributes | Programs | Tools

STATION\_NAME: OVR

BAY\_NAME: B1

DEVICE\_NAME: Q0

LIB\_OBJECT\_TYPE:

P\_OBJECT\_LN: OVR3REC\_Q0

SWITCHING\_DEVICE\_TYPE: Circuit breaker

SWITCHING\_DEVICE\_PURPOSE: Circuit breaker

SWITCH\_SECTION:

STATION\_TYPE: IEC 870-5-101/104

☐ DEFINE\_ITEM\_NAME

OPC\_ITEM\_PREFIX:

OPC\_LN\_INSTANCES: 0

INDICATION\_TYPE: Double indication (DB)

☒ MOTORIZED

☐ INTERLOCKING\_BYPASS

☐ SYNCHROCHECK\_BYPASS

CONTROL\_TYPE: Secured cmd with 1 BD

CMD\_PARAMETER: Single command

OK Cancel Apply Help...

from Product: SYS 600

Kuva 29. Prosessikohteiden luonti katkaisijalle

#### 5.4.1 Prosessipisteiden määrittäminen

Prosessikohteiden luomisen jälkeen määritetään niille osoitteet, jotka vastaavat niiden tulo- ja lähtösignaaleja sekä prosessiyksikön tietoja. Prosessikohteiden yksikön numero (Station Unit number, UN) on looginen numero, joka määrittää sen yksikön, jossa vastaava prosessisignaali kirjataan. Prosessikohteen osoite (Object Address, OA), määrittää kyseisen signaalin osoitteen. Prosessikohteiden ulostulon yksikkönumero UN on oltava sama kuin IEC-masteraseman STA-objektinumeron, joka on tässä tapauksessa 10. Prosessipisteiden osoitteet saadaan selvitettyä IEC 60870-5-101 Remote Communication Protocol for REC 523-manuaalista. Osoitteet ovat manuaalissa esitettynä heksadesimaalimuodossa. Kuvasessa 30 on esitettynä katkaisijan ohjauksen indikoinnille määritettävä IEC-osoite. Prosessikohteiden osoitteet on oltava yhteneviä IEC-slaven komennon osoitteiden kanssa.

Table B-35 Function block COCB1

Description	Name	IEC Address	ASDU Type	Access Type	Class	IA	Values
Breaker 1 position	F120E000 F120E001 F120E002 F120E003	2280 H	M_DP_TA_1	SPONT	High priority	No	01 = Close 10 = Open 00 = Middle 11 = Faulty

**TUTOR [1] / OVR3REC\_Q0(10) - Process Object**

Identification

Comment Text (CX):

Object Text (OX, TX): Breaker position indication Breaker position indication

Object Identifier (OI): OVR B1 Q0

OPC Item Name (ON):

OPC Event Source (ES):

Operation State

☒ In Use (IU) Switch State (SS): 2 - Automatic

Process Signal Type

Station/Object: IEC/Double Indicat

**Configurable** Dynamic All Attributes

**Addresses** Alarm Generation Alarm Handling Post-Processing Events History Printouts Blocking Misc

Station Unit Number (UN): 10

Clear Addresses

Addressing

Object Address (OA): 8832 DEC

Output Type (OT): 0 - Decimal

Modification Time (ZT): 10-07-09 09:08:44

Row: < >

Fetch

OK Cancel Apply

### Kuva 30. Prosessikohteen määrittästyökalu

Kun prosessikohteet on luotu ja osoitteet annettu, voidaan niiden tapahtuma- ja hälytyskäyttäytymistä testata manuaalililassa. Kohteen tilan arvoa voidaan vaihdella prosessikohteen määrittästyökalua käyttäen, jonka avulla pystytään simuloimaan tapahtumia. Opinnäytetyössä tehdyt prosessipisteet sekä niille asetellut osoitteet ovat nähtävissä kokonaisuudessaan listamuodossa liitteessä 1.

## **6 KATKAISIJA-ASEMAN DIALOGI**

### **6.1 Dialogin toiminnallisuuden määrittäminen**

Työn tavoitteena oli luoda mahdollisimman toimiva ja selkeä dialogi, jota voidaan käyttää katkaisija-asemalla kun suojaus- ja ohjausyksikkönä toimii REC 523. Aluksi perehdyttiin ja tutustuttiin aikaisemmin tehtyihin ratkaisuihin haastattele-malla osaston työntekijöitä sekä etäyhteyden avulla. Ennen dialogin tekemisen varsinaista aloittamista oli määritettävä sen toiminnallisuus, sekä hahmoteltava millaisissa tilanteissa dialogia käytettäisiin, ja mitä tietoja halutaan näytettävän dialogissa. Rakenteellinen pohja suunniteltiin aluksi paperille, jotta koodaamis-vaiheessa ei tarvitsisi enää puuttua ohjelman rakenteellisiin seikkoihin.

Dialogi koostuu kolmesta eri välilehdestä, jotka sisältävät tiedot katkaisija-aseman mittauksista, hälytyksistä sekä suojausten ohjauksista. Sen sisältämät välilehdet ja valintaikkunat on suunniteltu mahdollisimman yksiselitteisiksi ja helppokäyttöi-siksi. Dialogi on toteutettu käyttämällä MicroSCADAn Dialog Editor-ohjelmointityökalua. Dialogin visuaalinen toteutus ja käyttöliittymä on tehty käyttäen Visual SCIL-ohjelmointikieltä. Luvussa 6.3 on esitettyä kuvaus dialo-gin käytöstä ja sen toiminnallisuudesta. Toiminnallisuus on esitetty käyttäen esi-merkkejä ja kuvankaappauksia. Dialogin toimivuuden testaus on toteutettu käyttä-en ABB:n koulutustilojen demohuoneessa olevaa verkkokatkaisija-asemaa.

### **6.2 Visual SCIL**

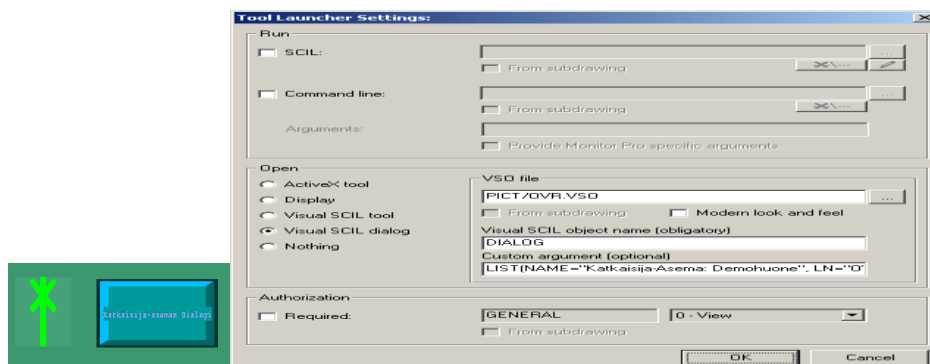
SCIL-ohjelmointikieli on kehitetty MicroSCADA-järjestelmien sovellusohjel-mointia varten ja sen avulla voidaan ohjata koko järjestelmän konfigurointia. SCIL on korkean tason lausekieli, josta on kehitetty erityisesti käyttöliittymien tekoon soveltuva Visual SCIL. Visual SCIL-ohjelmointikielen pääasiallisena tar-koituksena on luoda erilaisia dialogeja ja applikaatioita. Dialogit eli valintaikkunat ovat riippumattomia ikkunoita, jotka voivat sisältää monenlaisia käyttöliittymään kuuluvia komponentteja, kuten valikoita, painikkeita sekä muita kuvia. Visual SCIL ohjelmoinnilla pystytään luomaan visuaalisia objekteja, joiden taakse on

mahdollista luoda erityyppisiä komentoja ja toiminnallisuuksia. Yleisesti Visual SCIL-dialogeja käytetään työkaluina, operaattorin dialogeina, listaus- ja tekstiraportteina sekä taulukoina. Suurimpana erona verrattuna normaaliin SCIL-ohjelmointikieleen on siinä, että käskyt ja komennot annetaan Visual SCIL ohjelmointikielessä pistealkuisesti. Visual SCILin toimivuus on toteutettu tasotyyppi-  
sesti, toiminnallisuutta on siis mahdollista luoda eri tasoille ja tarpeen mukaan siirtyä alemmille tasoille. Komennoilla root ja parent voidaan siirtyä tasolta toiselle. Visual SCIL methods-välilehtien alle pystytään luomaan komentoja ja toiminnallisuuksia. Metodeihin voidaan sisällyttää kaikki tarvittavat SCIL käskyt ja komennot. /5/

## 6.3 Dialogin käyttö ja toiminnallisuus

### 6.3.1 Dialogin avaaminen ja nimeämistoiminnot

Dialogille on luotu painonappi järjestelmän asemakuvaan jota painamalla se saadaan avatuksi. Painonapille aseteltavat komennot on määriteltä Tool Launcher-valikon asetuksissa. Asetuksista valitaan avattavaksi Visual SCIL dialog, jonne määritetään kyseisen VSO-tiedoston nimi sekä dialogin objekti nimi. Custom Argument-laatikkoon käyttäjä pystyy itse määrittämään LIST-funktion sisälle dialogin nimen sekä prosessikohteiden loogisen nimen. Tässä työssä dialogin nimenä on käytetty: ”Katkaisija-asema: Demohuone”, ja loogisen nimen alkuna on ”OVR3REC\_..” Kuvassa 31 on esitettynä edellä mainitut painonapille tehdyt määrittäykset.

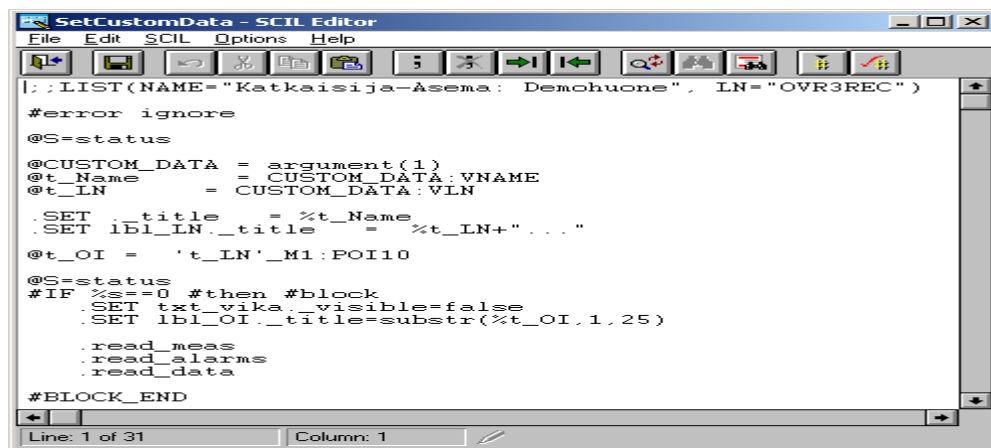


Kuva 31. Painonapille aseteltavat määrittäykset



Dialogin nimeämiseen liittyvät toiminnallisuuden ehdot ja komennot on aseteltu SetCustomData nimiseksi metodiksi dialogin pääikkunassa sijaitsevaan public methodien alle. Muuttujat "t\_Name" on dialogin nimi ja "t\_LN" on prosessikohteiden looginen nimi. Muuttujien tiedot haetaan Custom Argument-laatikkoon määritellyistä tiedoista.

Prosessikohteen tunniste OI, sen 25 ensimmäistä merkkiä kirjoitetaan muistiin ja näytetään dialogissa komennolla SET lbl\_OI\_title=substr(%t\_OI,1,25). Numero yksi tarkoittaa, että lukeminen aloitetaan ensimmäisestä merkistä ja se lopetetaan 25 merkkiin, jolloin osoitettava teksti on muotoa "OVR B1". Mikäli prosessikohteiden nimet ja merkkien lukumäärät poikkeavat esitetystä, voidaan kerättävien merkkien lukumäärää muuttaa "substr"- komennolla. Nimeämistoimintoihin liittyvä SCIL-koodiosuus on esitettyä kuvassa 32.



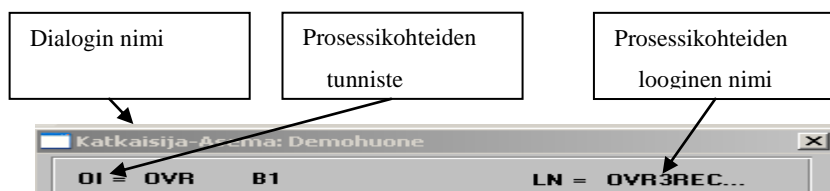
```

SetCustomData - SCIL Editor
File Edit SCIL Options Help
[Icons]
[Code]
[; LIST(NAME="Katkaisija-Asema: Demohuone", LN="OVR3REC")
#error ignore
@S=status
@CUSTOM_DATA = argument(1)
@t_Name = CUSTOM_DATA:VNAME
@t_LN = CUSTOM_DATA:VLN
.SET lbl_OI_title = %t_Name
.SET lbl_LN_title = %t_LN+"..."
@t_OI = 't_LN'_M1:POI10
@S=status
#IF %s=0 #then #block
.SET txt_vika_visible=false
.SET lbl_OI_title=substr(%t_OI,1,25)
.read_meas
.read_alarms
.read_data
#BLOCK_END
Line: 1 of 31 Column: 1

```

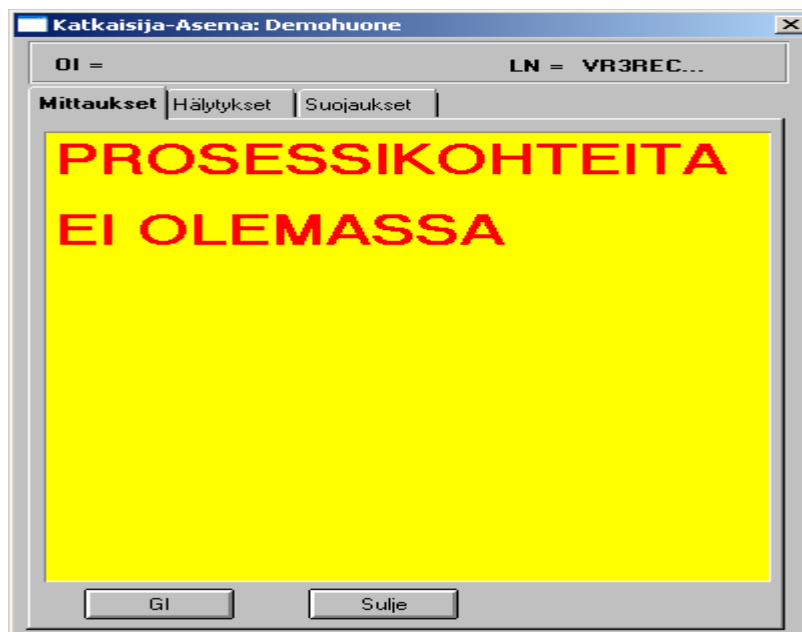
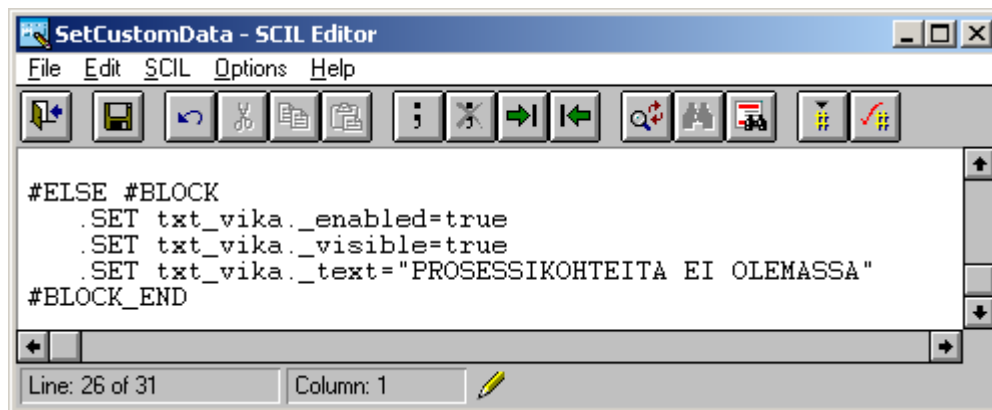
Kuva 32. Nimeämistoimintoihin liittyvä ohjelmaosuus

Kuvassa 33 on esitettyä dialogin yläpalkkiin ilmestyvä informaatio. Yläpalkkiin ilmestyy dialogille määritelty nimi, prosessikohteiden tunniste sekä looginen nimi.

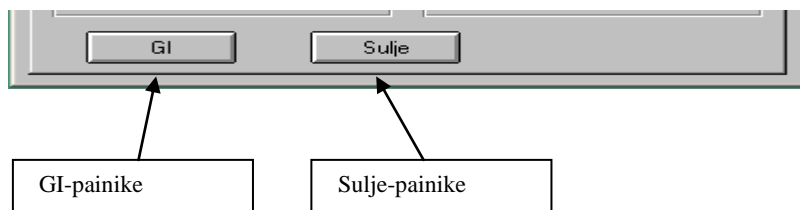


Kuva 33. Dialogin yläpalkki

Dialogiin ilmestyy kuvan 34 mukainen virheilmoitus, jos käyttäjä on nimennyt prosessikohteiden loogisen nimen väärin Tool Launcher-valikon argumentteihin. Kyseinen näkymä avautuu aina silloin, jos looginen nimi poikkeaa prosessikohteiden tietokannassa olevasta nimestä. Kyseisestä nimeämisvirheestä ei tule erillistä virheilmoitusta, vaan virhenäkymä on sisällytetty dialogiin #error ignore-komennolla. Käyttäjää ei pysty käyttämään dialogia, ennen kuin nimi on aseteltu oikein.



Kuva 34. Ilmoitus virheellisestä nimeämisestä



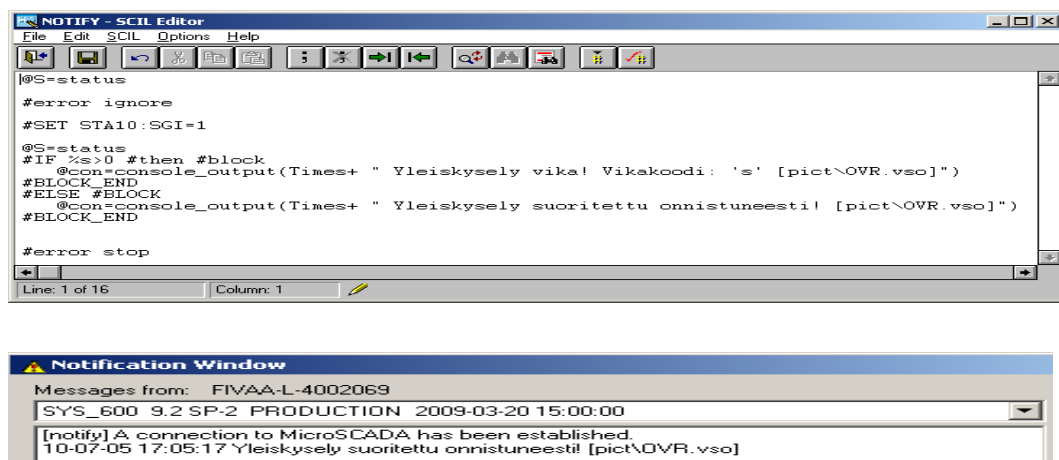
Kuva 35. GI ja sulje-painike

## Sulje-painike

Dialogi saadaan suljettua, joko sulje-painiketta painamalla tai rastilla oikeasta yläkulmasta. Sulje-painikkeen toiminnallisuus on sisällytetty notify methodiin.

## GI-painike

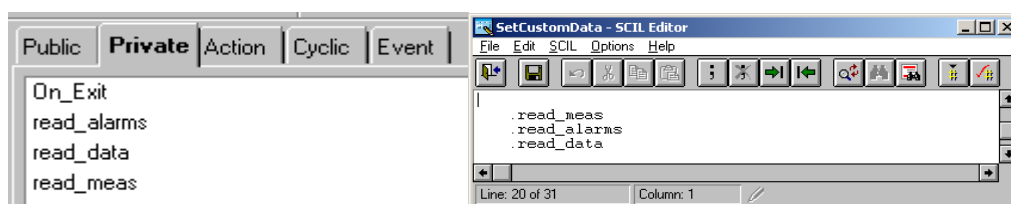
GI-painiketta painamalla dialogissa MicroSCADA suorittaa yleiskyselyn (General Interrogation, GI) asemalle komennolla #SET STA10:SGI=1. Yleiskysely suorittaa MicroSCADAn tietokannan signaalien tietojen ja toimintojen päivittämisen käytönvalvontajärjestelmään. Kun yleiskysely on suoritettu onnistuneesti, tulee tapahtumasta ilmoitus Notification-ikkunaan. Epäonnistuneesta kyselystä ei ilmesty erillistä virheilmoitusta, vaan vikaan liittyvä informaatio tulee näkyviin Notification-ikkunaan. Kyseinen toiminnallisuus on esitettynä kuvassa 36. Mitattavista signaaleista vikavirta-arvojen saamiseksi täytyy suorittaa yleiskysely asemalle. Hälytyksistä ovikytkimen tilatieto tarvitsee myös yleiskyselyn suorittamisen, ennen kuin prosessipisteen tila päivittyy.



Kuva 36. Yleiskysely

## Metodien määrittäminen

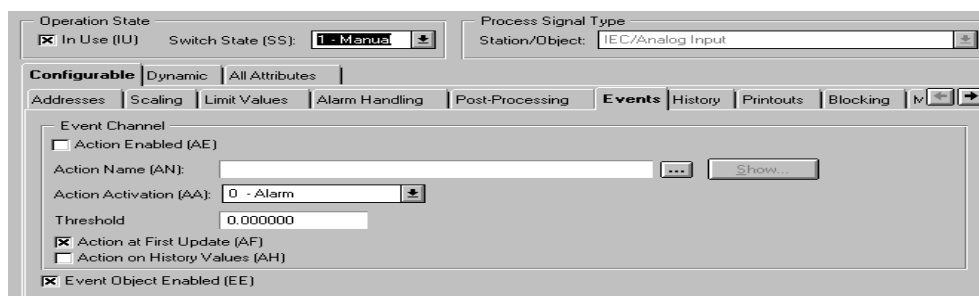
Metodit ovat tapahtumapohjaisia komentoja, jotka käynnistyvät määritellystä prosessitapahtumasta tai SCIL-komennoilla käynnistyviä ohjelmia. Signaalitietojen lukemiseen liittyvät komennot ja ehdot on koodattu dialogin pääikkunan private methodien alle. SetCustomData metodissa kutsutaan ja suoritetaan kyseiset komennot kuvan 37 mukaisesti.



Kuva 37. Metodien määrittäminen

## Tapahtumakanava

MicroSCADAn tietokannassa tapahtumat välilehden alle asetetaan attribuutit (Action at First Update, AF) ja (Event Object Enabled, EE) aktiivisiksi kuvan 38 mukaisesti. AF-attribuutti aktivoi tapahtumakanavan myös silloin, kun prosessikohde päivittyy ensimmäisen kerran. Tapahtumakohte sallitaan EE-attribuutin ollessa päällä, prosessikohteiden tapahtumat aiheuttavat automaattisesti käyttöliittymäkohteissa sijaitsevien ohjelmien aktivoitumisen. Tapahtumakohteen muodostumista käytetään tapahtumakohteiden päivittämiseen. Kyseisillä attribuuteilla saadaan tapahtumat päivittymään reaaliaikaisesti dialogiin.



Kuva 38. Tapahtumakanava

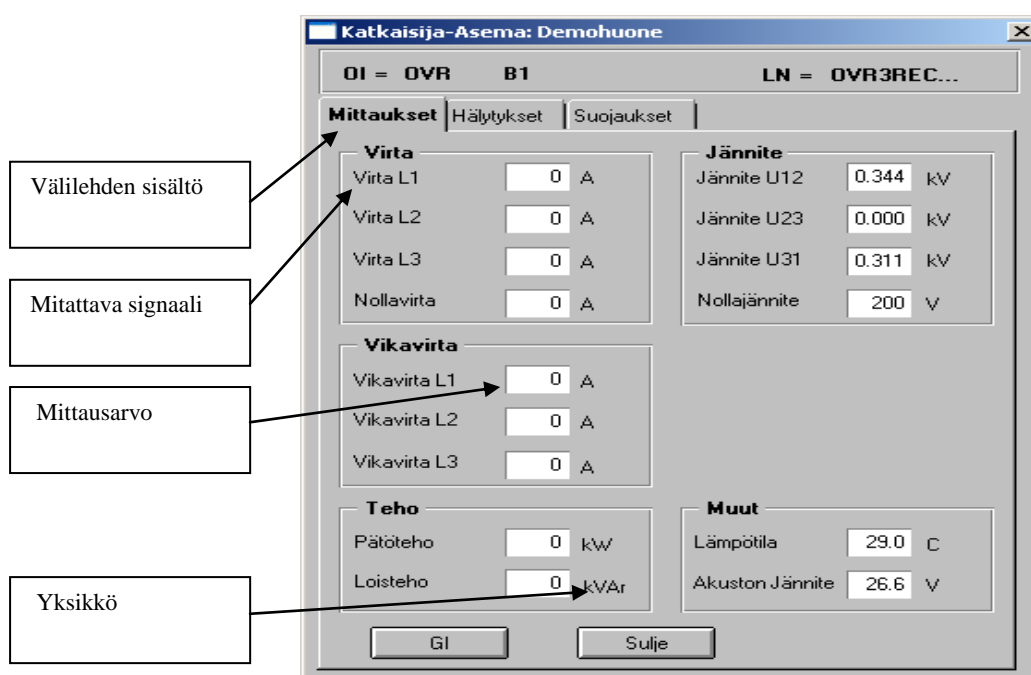
### 6.3.2 Mittaukset

Ensimmäiseen välilehteen on konfiguroitu mittaussignaalit, jotka ovat tietotyyppiltään analogiatuloja. Välilehteen on sisällytetty virtojen ja jännitteiden vaihemittaukset, nollavirran ja -jännitteen, vikavirtojen, pätö- ja loistehon sekä lämpötilan ja akuston jännitteen mittaukset. Mittauksien signaalit on esitettyinä taulukossa 5, josta nähdään mitattavan signaalin nimi, IEC-osoite, signaalin tietotyyppi, mitta-alue sekä käytettävä toimilohko.

**Taulukko 5. Mittaussignaalit**

Signaalin kuvaus Mittaukset	IEC Osoite OA DEC	Signaali tyyppi	Mittausalue	REC:n Lohko
Virta L1	19648	ANALOG IN- PUT	0 - 20000A	MECU3A
Virta L2	19649	ANALOG IN- PUT	0 - 20000A	MECU3A
Virta L3	19650	ANALOG IN- PUT	0 - 20000A	MECU3A
Nollavirta I0	19712	ANALOG IN- PUT	0 - 20000A	MECU1A
Jännite U12	19776	ANALOG IN- PUT	0-999.99 kV	MEVO3A
Jännite U23	19777	ANALOG IN- PUT	0-999.99 kV	MEVO3A
Jännite U31	19778	ANALOG IN- PUT	0-999.99 kV	MEVO3A
Nollajännite U0	19840	ANALOG IN- PUT	0-440.00 kV	MEVO1A
Pätöteho P	17984	ANALOG IN- PUT	-999999....999999 kW	Mepe 7
Loisteho Q	17985	ANALOG IN- PUT	-999999....999999 Kvar	Mepe 7
Vikavirta L1	20752	ANALOG IN- PUT	0-65535 A	
Vikavirta L2	20753	ANALOG IN- PUT	0-65535 A	
Vikavirta L3	20754	ANALOG IN- PUT	0-65535 A	
Lämpötila	20224	ANALOG IN- PUT	-40 ... 70 °C	PSC1
Akuston jännite	20225	ANALOG IN- PUT	18.0 ... 33.0 V	PSC1

Kun dialogi käynnistetään avautuu näkyviin kuvan 39 mukainen näkymä mittauksista. Välilehdessä sijaitsevien kenttien tarkoitusperä on selvitetty kyseisessä kuvassa. Testattavasta katkaisija-asemasta on saatavilla pää- ja nollajännitteen sekä lämpötilan ja akuston jännitteen mittausravot. Mitatun akkujännitteen myötä voidaan arvioida akuston kunto. Lämpötila mitataan koteloon asennetun REC 523-yksikön ympäristöstä. Mittausarvot skaalataan SN-attribuutin määrittämän skaalauksen mukaisesti. Esimerkiksi jännitteiden mittausravot SCADA:ssa skaalataan, jotta saadaan oikea arvo prosessitietokantaan sekä dialogin kuvaruudulle.

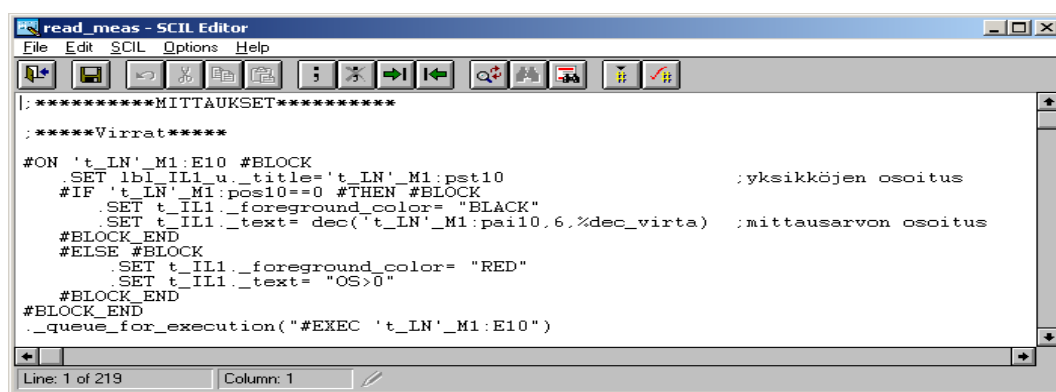


**Kuva 39. Mittaukset-välilehden sisältö**

Mittauksien on hyvä näkyä ensimmäisessä välilehdessä dialogin avautuessa, jolloin käyttäjä näkee heti millainen tilanne on prosessissa meneillään mittauksen perusteella. Ensimmäisenä ehtona mittausarvojen näyttämiseksi on, että prosessikohteiden tilan (Object Status, OS) arvo on oltava yhtä suuri kuin 0. "IF OS==0", yhteys asemaan toimii ja voidaan aloittaa komentojen ja toimintojen suoritus. Ehdon toteutuessa mitattavan signaalin arvo ilmestyy sille varattuun kenttään mustalla taustavärillä. Attribuutin OS ollessa eri suuri kuin nolla, on kyseessä joko järjestelmävirhe tai kommunikointivika testattavan aseman ja valvontajärjestelmän vä-

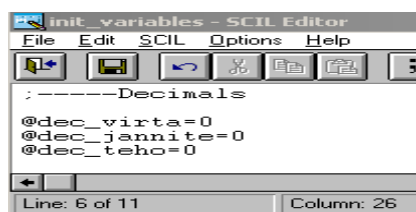
lillä. Tässä tapauksessa dialogin kenttiin ilmestyy teksti punaisella, jossa lukee ”OS>0”.

SCIL komennolla #ON saadaan prosessitietokannassa tapahtuvat muutokset päivittymään reaaliaikaisesti ja automaattisesti dialogin näytölle. Kun suorituskäsky tulee #EXEC komennosta, käsky suoritetaan asetellun aikaviiveen jälkeen, jos suoritettava prosessi on vapaana. Mittauksien yksikköjen näyttäminen dialogissa on toteutettu niin, että ne ovat koko ajan nähtävissä. Virran mittaukseen liittyvä koodiosuus on esitettyä esimerkkinä kuvassa 40.



Kuva 40. Mittaustietojen luku

Käyttäjä pystyy halutessaan määrittämään näytetäänkö mittaustuloksissa desimaaleja. Desimaalien lukumäärä asetetaan kuvan 41 mukaisilla muuttujilla.



Kuva 41. Desimaalien määrittäminen

### 6.3.3 Hälytykset

Dialogin toiseen välilehteen on konfiguroitu katkaisija-asemalta tulevat hälytykset. Hälytyksiin on sisällytetty taulukon 6 mukaiset signaalit.

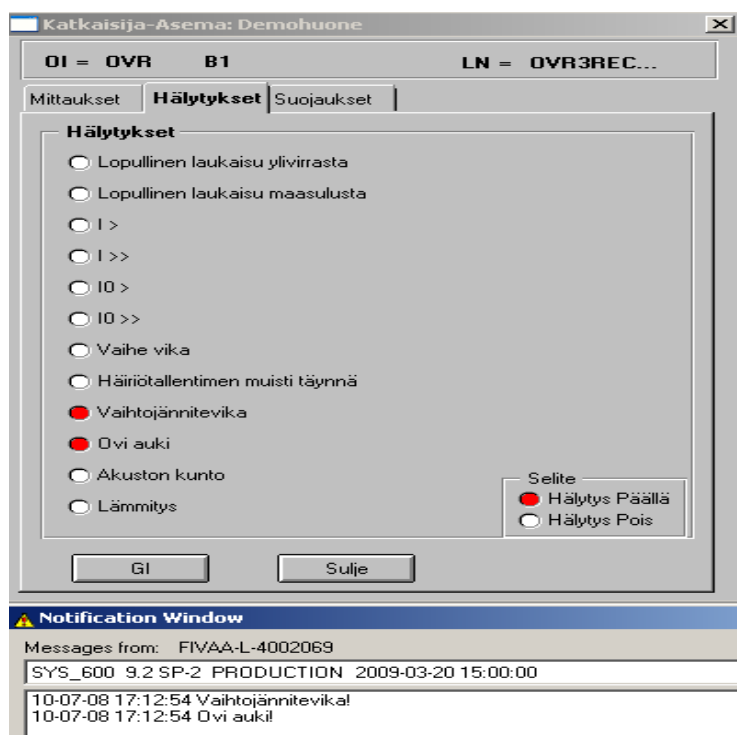
**Taulukko 6. Hälytyssignaalit**

Signaalin kuvaus Hälytykset	IEC Osoite OA DEC	Signaali tyyppi	Selite	REC 523 Lohko
Lopullinen laukaisu ylivirrasta	706	BINARY INPUT	0 = Normaali tila 1 = Lopullinen laukaisu ylivirrasta	COIND3
Lopullinen laukaisu maasulusta	707	BINARY INPUT	0 = Normaali tila 1 = Lopullinen laukaisu maasulusta	COIND4
Suunattu ylivirta I-> > laukaisu	193	BINARY INPUT	0 = Palautui 1 = Laukaisu	Doc6Low
Suunattu ylivirta I-> >> laukaisu	2753	BINARY INPUT	0 = Palautui 1 = Laukaisu	Doc6high
Suunattu maasulku I0-> > laukaisu	257	BINARY INPUT	0 = Palautui 1 = Laukaisu	DEF2Low
Suunattu maasulku I0-> >> laukaisu	2817	BINARY INPUT	0 = Palautui 1 = Laukaisu	DEF2High
Vaihtojännitevika	4099	BINARY INPUT	1 = Hälytys	PSC1
Akuston kunto	4107	BINARY INPUT	0 = OK 1 = Hälytys	PSC1
Ovikytken tilatieto	4168	BINARY INPUT	0 = Ovi kiinni 1 = Ovi auki	
Häiriötallentimen muisti täynnä	2176	BINARY INPUT	1 = Häiriötallentimen muisti täynnä	MEDREC16
Katkaisija hälytys (vaihevika)	704	BINARY INPUT	0 = Normaali 1 = Hälytys	COIND1
Lämmitys	4108	BINARY INPUT	0=OK 1=Hälytys	PSC 1

Hälytyksien osoitukset dialogissa on tehty käyttämällä ”option buttoneita”. Binäärisen tulosaanin muuttuessa hälytystilaan, asettuu kyseisen prosessipisteen tilaykköseksi. Dialogissa hälytyksen tilatietoa kuvaava pallo muuttuu tässä tilanteessa punaiseksi. Hälytys on voimassa kunnes tilatieto palautuu normaalitilaan eli nolaksi. Kun prosessissa ei ole hälytyksiä päällä, osoitukset näkyvät valkoisina.



Kuvassa 42 on esitettyä esimerkki hälytykset-välilehden toiminnasta. Vikaindikoineista vaihtojännitevika ja ohjainkaapin ovi ovat hälytystilassa. Vaihtojännitevika hälyttää alhaisesta syöttöjännitteestä (ACFail). Syöttöyksikkö antaa tällöin sisäisen hälytyssignaalin, kun syöttöjännitteessä havaitaan alenema. Päälle asettuvista hälytyksistä annetaan tiedot console\_outputin kautta Notification-ikkunalle.



Kuva 42. Hälytykset-välilehden sisältö

### 6.3.4 Suojauksien ohjaukset

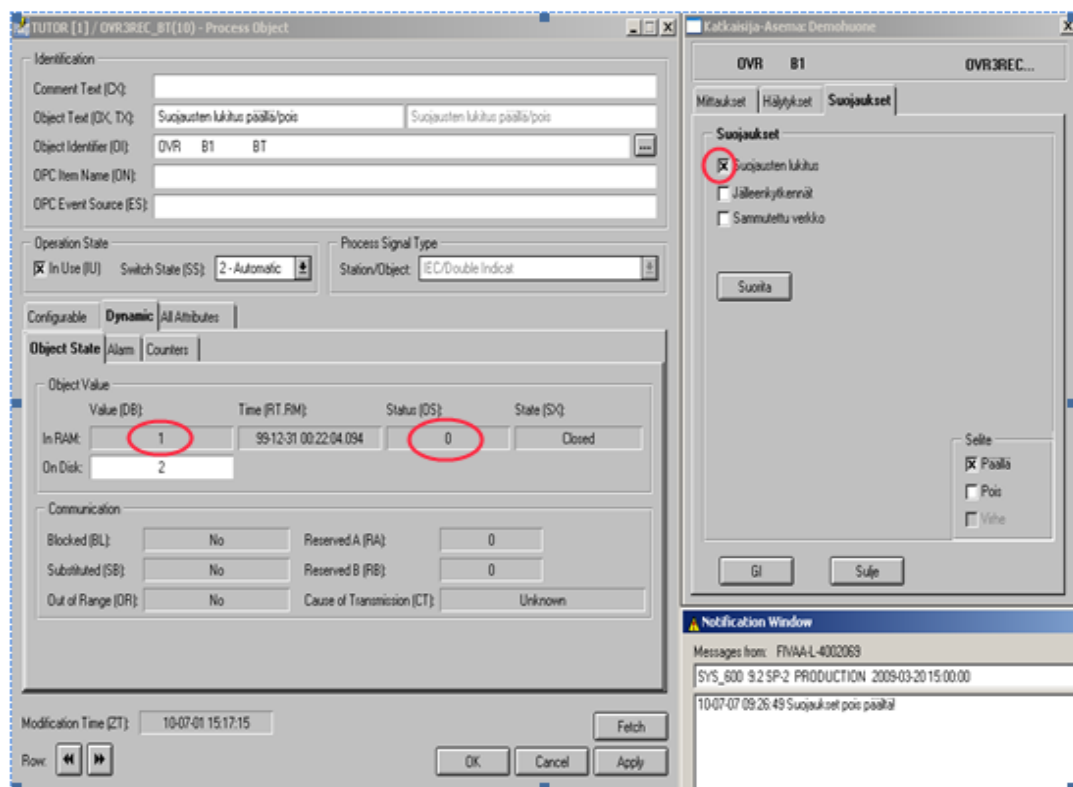
Suojaukset-välilehdestä on mahdollista valita suojausten lukitus, jälleenkytkennät sekä sammutettu verkko päälle/pois ohjaustoiminnot. Suojauksien ohjauksiin käytetyt signaalit on esitettyä taulukossa 7. Suojausten ohjauksien valintojen toteutukseen dialogissa on käytetty ”check box”- laatikoita. Ohjauskomennot ovat tyypiltään suoria ohjauksia.

**Taulukko 7. Suojaussignaalit**

Signaalin kuvaus Suojaukset	IEC Osoite OA DEC	Signaali tyyppi	Indikointien selite	REC:n Lohko
Suojausten lukitus PÄÄLLÄ/POIS	8256	DOUBLE BINARY	1 = Lukitus PÄÄLLÄ (Suojaukset pois 2 = Lukitus POIS (Suojaus- set Päällä) (3/0 Virhe)	CODC1
Jälleenkytkentä käytössä	8320	DOUBLE BINARY	1 = Jälleenkytkennät POIS 2 = Jälleenkytkennät PÄÄLLÄ (3/0 = Virhe)	CODC2
Sammutettu verkko PÄÄLLÄ/POIS	8384	DOUBLE BINARY	1 = Sammutus OFF 2 = Sammu- tus ON (3/0 = Virhe)	CODC3

Valittaessa suojausten lukitusten ohjaus päälle, suojaustoiminnot ovat konfiguroitu niin, että ylivirta- ja maasulkusuojaukset asettuvat pois käytöstä. Lukitusten päälle ohjauksessa prosessipisteen indikointi saa arvon 1. Tilatiedon muuttuessa arvoon 2, suojausten lukitus ohjautuu pois päältä ja suojaukset ovat käytössä. Jälleenkytkentöjen ja sammutetun verkon tietojen ja ohjausten indikoinnit ovat päinvastaisia verrattuna suojausten lukitusten ohjauksiin. Kyseiset suojaukset asettuvat päälle, kun prosessipisteen indikoinnin tilatieto saa arvon 2.

Kuvassa 43 on esitettyä toiminta, kun suojausten lukitusten ohjaus on asetettu päälle dialogissa. MicroSCADAn tietokannassa nähdään ”Value (DB)”-tilatiedon muuttuvan arvoon 1. Tilatiedot ja tehdyt valinnat saadaan näkyviin Notification-ikkunaan. Ikkunaan tuotavat tiedot helpottavat huomattavasti havainnoimaan prosessin sen hetkiset toiminnot.

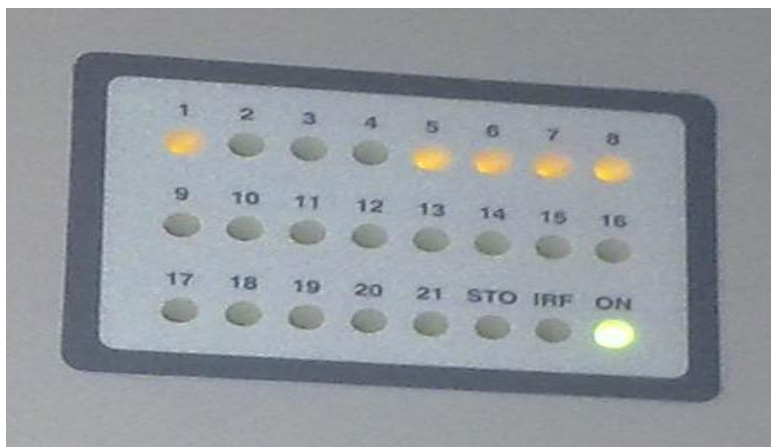
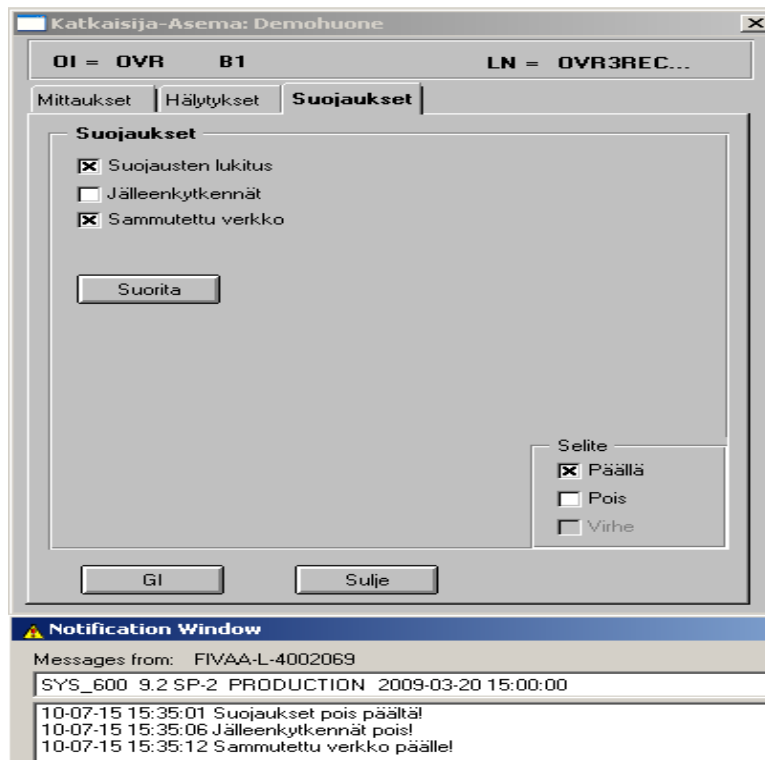


Kuva 43. Suojausten lukitusten ohjaus

## Suorita-painike

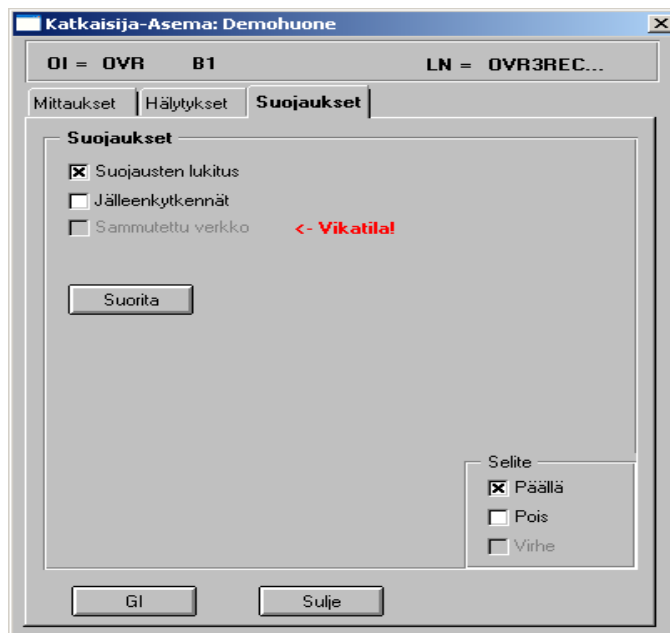
Kun on valittu haluttavat suojaukset päälle tai pois, on valinnat sen jälkeen vahvistettava suorita-painikkeella. Suorita-painikkeen taakse sisällytetty komentoketju suorittaa tehdyt valinnat sekä tarkistaa niiden tilatiedot ja yhdistelmät. Notification-ikkunaan ilmestyy teksti valituista suojauksista, kun suorita-painiketta on painettu. Informaatio päivittyy Notification-ikkunaan vain silloin, kun tilatietoja on muutettu.

Kuvassa 44 on esitettyä esimerkki suojaus- välilehden toiminnasta. Suojausten lukitusten ohjaus on asetettu päälle, jälleenkytkennät ovat pois käytöstä ja sammutettu verkko on päällä. Notification-ikkunasta ja myös REC 523-yksikön LED-näytöltä nähdään kyseisten tilatietojen olevan päällä ja toiminnassa.



Kuva 44. Suojaukset-välilehden toiminta

Kuvassa 45 on esitetty sammutetun verkon ohjauksen tila vikatilanteessa. Prosessipisteen indikoinnin ollessa 0 tai 3-tilassa, on ohjauksen tila virheellinen. Virhetilanteessa kyseessä oleva valintalaatikko menee disable-tilaan, eikä silloin pystytä suorittamaan toimintoja. Vikatilanteessa dialogiin ilmestyy myös teksti ”Vikatila” punaisella.



Kuva 45. Suojaus vikatilante

## **7 OIKO- JA MAASULKUVIKOJEN LASKENNALLINEN PAIKANTAMINEN**

### **7.1 Vianpaikannuksen toimintaperiaate**

Yleisesti vianpaikannus toteutetaan vertaamalla verkostolaskennalla saatuja vika-arvoja suojaareleelta saatuihin vikatietoihin. Vianpaikannuksen toimintaperiaate on kerätä vikatiedot suojaareleilta käytönvalvontajärjestelmään, jota kautta ne välitetään käytöntukijärjestelmään laskennallista paikantamista varten. Käytöntukijärjestelmässä verrataan saatuja arvoja ennalta laskettuihin arvoihin.

### **7.2 REC 523-yksikön vianpaikannus**

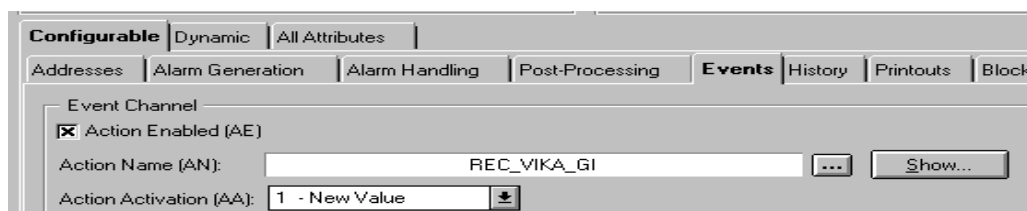
REC 523-ohjausyksikön toiminnoista ei löydy erikseen vianpaikannukseen tarkoitettua toimilohkoa. Vianpaikannustietojen ja vikavirtojen hakuun ja keräämiseen REC 523-yksikön tapauksessa on olemassa kaksi toteutustapaa ja ratkaisua, jotka tulevat esille seuraavassa. Ensimmäinen toteutustapa on suorittaa vikapakettien tiedon keruu prosessipistepohjaisesti, jolloin vikatiedot haetaan erikseen konfiguroiduilta prosessipisteiltä. Tässä tapauksessa MicroSCADAan on tehtävä erillisiä komentoproseduureja, jotka suorittavat toimintansa lopullisen laukaisun tapahduttua. Komentoproseduureilla tarkoitetaan SCIL-ohjelmoituja komentoketjuja, jotka aktivoituvat automaattisesti joko aikakanavien, tapahtumakanavien, tapahtuma-kohteiden tai manuaalisesti operaattorin suoran ohjauksen kautta. Vaihtoehtoisesti toisen toteutustapa on hakea vikavirta-arvot suoraan REC 523-yksikön suojaus-toimilohkoilta transparent SPA luennalla muistirekisterien aikaleimoja vertailemalla.

#### **7.2.1 Prosessipistepohjainen toteutuspa**

Vianpaikannuksen ja vikavirtojen haun ensimmäinen tapa on kerätä erikseen vikaan liittyvä tieto konfiguroiduilta prosessipisteiltä tietokannasta. Vikapaketin tietojen saamiseksi on luotava erilliset komentoproseduurit MicroSCADAan. Tässä ratkaisussa vikatiedot saadaan selville vian sattuessa yleiskyselyllä (General interrogation, GI), jolloin saadaan selville vikatilanteen tapahtumatiedot. Yleiskyselyn

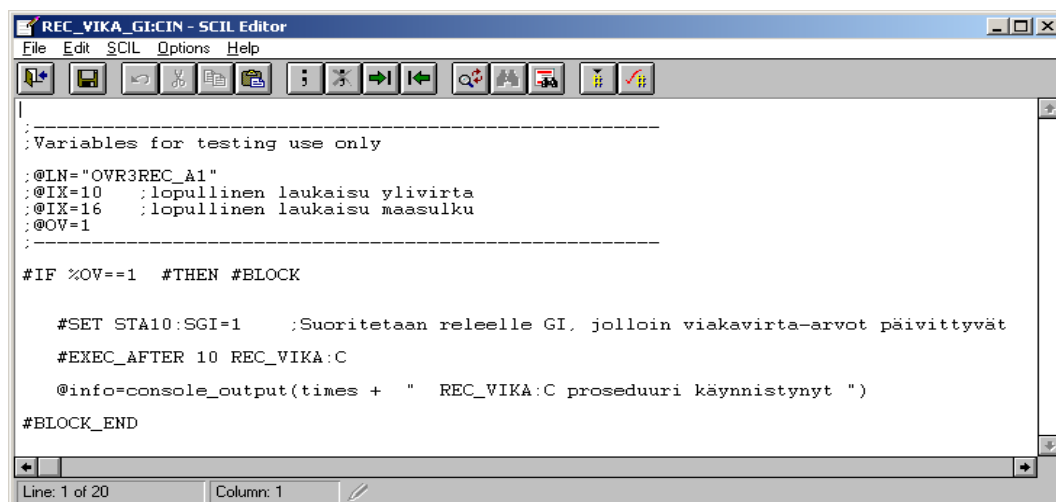
myötä saadaan todella paljon tietoa releeltä. Kyseinen menetelmä on tietyllä tavalla huono ratkaisu, koska yleiskyselyn suoritus kuormittaa linjaa paljon. /19/

Komentoproseduuri määritetään suoritettavaksi silloin, kun lopullinen laukaisu on tapahtunut joko maasulusta tai ylivirrasta, jonka seurauksena katkaisija on auennut. Proseduuri voidaan määrittää suoritettavaksi myös PJK ja AJK- toiminnoista, esimerkiksi onnistuneesta PJK:sta. Lopullisen laukaisun tilatiedot on tässä toteutuksessa tehty suoraan prosessipisteille, jotka on linkitetty tapahtumakanavan kautta proseduriin. Lopullisen laukaisun liittyvän tapahtumakanavan asettelu on esitettyä kuvassa 46. Prosessipisteiden arvon (Object Value, OV) muuttuessa ykköseksi, tapahtumakanava aktivoituu ja proseduuri ”REC\_VIKA\_GI” aloittaa toimintansa.



**Kuva 46. Lopullisen laukaisun tapahtumakanava**

REC 523-yksikölle suoritetaan siis yleiskyselykäsky lopullisen laukaisun tilan muuttuessa ykköseksi. Komentoproseduriin on määritetty 10 sekunnin viive lopullisen laukaisun tapahduttua, ennen kuin aloitetaan vikapaketin tietojen keruu. Viive on aseteltu sen takia, että vikavirta-arvot ehtivät päivittymään vikatilanteen sattuessa. REC\_VIKA proseduurin käynnistymisestä annetaan ilmoitus Notification-ikkunaan. Kuvassa 47 on nähtävissä yleiskyselykäskyn suorittava komento-proseduuri.



```

REC_VIKA_GI:CIN - SCIL Editor
File Edit SCIL Options Help

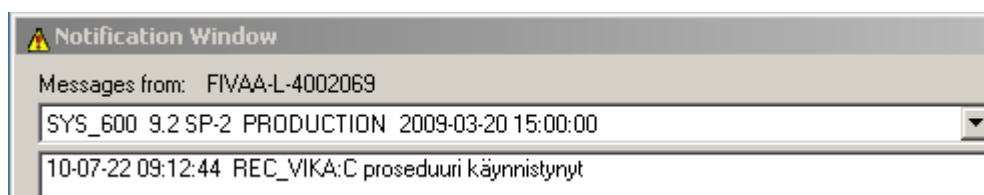
:-----
:Variables for testing use only
:@LN="OVR3REC_A1"
:@IX=10 ;lopullinen laukaisu ylivirta
:@IX=16 ;lopullinen laukaisu maasulku
:@OV=1
:-----

#IF %OV==1 #THEN #BLOCK

    #SET STA10:SGI=1 ;Suoritetaan releelle GI, jolloin viakavirta-arvot päivittyvät
    #EXEC_AFTER 10 REC_VIKA:C
    @info=console_output(times + " REC_VIKA:C proseduurin käynnistynyt ")
#BLOCK_END

Line: 1 of 20 Column: 1

```

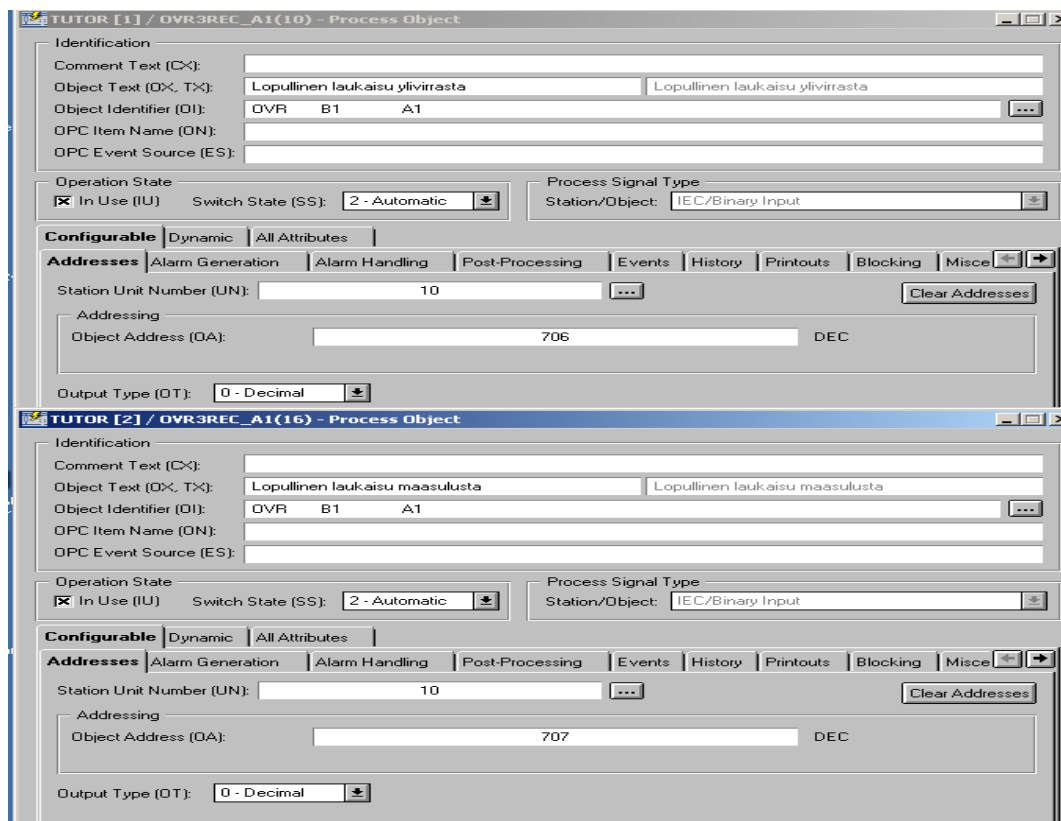


**Kuva 47. Yleiskyselykäsky lopullisen laukaisun tapahduttua**

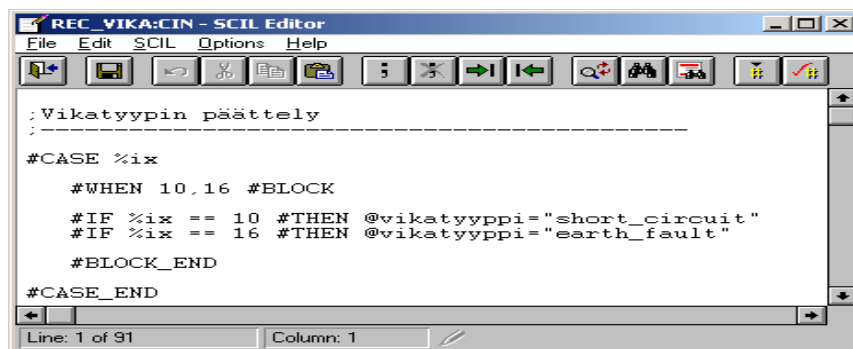
Yleiskyselyn jälkeen suoritetaan komentoproseduurin, jonka tehtävänä on vikapaketin tiedon keruu. Proseduurin alussa ohjelma suorittaa vikatiedon päättelyn, jonka perusteella saadaan selville onko laukaisu tapahtunut ylivirrasta vai maasulusta. Tätä kyseistä tietoa tarvitaan vianpaikannuksessa. Laukaisutiedot haetaan erikseen konfiguroiduilta prosessipisteiltä MicroSCADAn tietokannasta, jotka on esitetty kuvassa 48. Prosessipisteet ovat tietotyypiltään binäärituloja. Kuvassa 49 on esitetty yksi tapa, jolla voidaan suorittaa vikatyypin päättely.

Maasulun vianpaikannus on ongelmallista, koska se ei ole riittävän tarkka kaikissa tilanteissa maan resistiivisyyden vaihtelun myötä. Laskenta-algoritmien kuten reaktanssipaikannuksen ja resistanssiarvon perusteella voidaan paikannusta hieman parantaa. /19/





Kuva 48. Lopullisen laukaisun prosessipisteet



Kuva 49. Vikatyyppin päättely

Vikatiedon päättelyn jälkeen proseduuri kysyy vikavirtojen suuruudet erikseen konfiguroiduilta prosessipisteiltä. Vikavirtojen mittaustiedot saadaan mittauslohkojen arvojen perusteella erillisistä inputeista. Mittaustietojen inputit ja vikavirroille konfiguroidut prosessipisteet on esitettyä kuvassa 50.

Communication input 1	F025I001	5100 H	M_ME_NA_1	SPONT	High priority	No	0.65535
Communication input 1	F025I001	5100 H	M_ME_NA_1	READREQ	High priority	No	0.65535
Communication input 2	F025I002	5101 H	M_ME_NA_1	SPONT	High priority	No	0.65535
Communication input 2	F025I002	5101 H	M_ME_NA_1	READREQ	High priority	No	0.65535
Communication input 3	F025I003	5102 H	M_ME_NA_1	SPONT	High priority	No	0.65535
Communication input 3	F025I003	5102 H	M_ME_NA_1	READREQ	High priority	No	0.65535

OVR3REC_M4	27	10	20752	OVR	B1	M4	Vikavirta L1
OVR3REC_M4	28	10	20753	OVR	B1	M4	Vikavirta L2
OVR3REC_M4	29	10	20754	OVR	B1	M4	Vikavirta L3

**Kuva 50. Vikavirtojen prosessipisteet**

Kuvassa 51 on esitetty vikavirta-arvojen hakeminen suoraan prosessipisteiltä. Loogisen nimen seitsemän ensimmäistä merkkiä kirjoitetaan muistiin komennolla @t\_LN=SUBSTR(%LN, 1,7). Muistiin luettava looginen nimi on siis tässä työssä muotoa ”OVR3REC”. Proseduurissa käsiteltävä vikavirtatieto otetaan muistiin tietokannasta komennolla; ”@vv(1)='vv\_ln'\_M4:pai27, joka on ”Vaiheen L1 vikavirta”. Muuttuja 'vv\_ln' on prosessikohteiden looginen nimi, joka haetaan prosessikohteiden tietokannasta muuttujan 't\_LN' avulla. Kuvassa näkyvät pai27-29 analogiasignaalit ovat vikavirroille luodut prosessipisteet, joista luetaan vikavirtojen arvot. Vikavirroista luetaan muistiin suurimman vikavirran arvo

```
@t_LN=SUBSTR(%LN, 1, 7)
@vv_ln=%t_LN

;Vikavirtojen haku suoraan prosessipisteiltä
;-----
@vv(1)='vv_ln'_M4:pai27 ;vaiheen L1 vikavirta
@vv(2)='vv_ln'_M4:pai28 ;vaiheen L2 vikavirta
@vv(3)='vv_ln'_M4:pai29 ;vaiheen L3 vikavirta

@vikavirta=max(%vv(1), %vv(2), %vv(3))
@vv=%vikavirta
```

**Kuva 51. Vikavirta-arvojen haku prosessipisteiltä**

Kun edellä mainitut komennot ja toiminnot on suoritettu, voidaan toteuttaa vika-paketin tiedon keruu. Vikapakettiin tarvittavista arvoista ja tiedoista muodostetaan kuvan 52 mukaiset vektorit. Vikapaketin tiedoista saadaan selville tässä tapauksessa tapahtuma-aika ja kesto millisekunneina, katkaisijan tilatieto, vian tyyppi, laukaisutieto, vaihetieto sekä vikavirtojen suurin arvo. Kyseiset tiedot saadaan näkyville console\_outputin kautta Notification-ikkunaan.

```

      @e_Event_time='vv_ln'_Q0:PRT10      :TAPAHTUMA-AIKA
      @i_Event_ms='vv_ln'_Q0:PRM10        :TAPAHTUMAN MILLISEKUNNIT
      @t_Source_ln='vv_ln'_Q0:PDB10      :KATKAISIJA
      @t_Type=%vikatyyppi                :VIAN TYYPPI
      @t_Trigger="final"                 :LOPULLINEN LAUKAISU
      @t_Notation="real"                 :TODELLINEN MITTAUSARVO
      @t_Phase=%vaihetieto               :VAIHETIETO
      @v_I_Msr=%vikavirta                :VIKAVIRTA

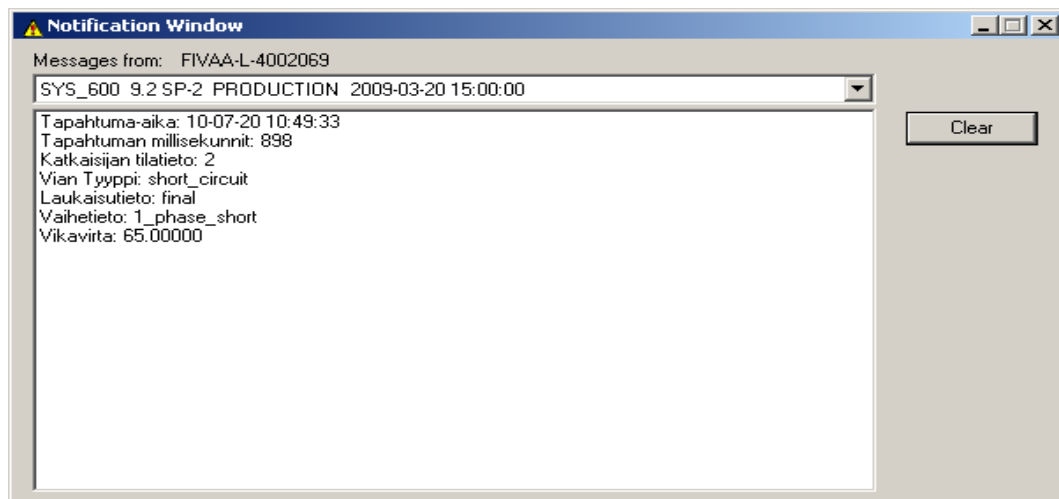
;#DO BDU_FAULT:C

      @a=CONSOLE_OUTPUT("Tapahtuma-aika: 'e_Event_time'")
      @b=CONSOLE_OUTPUT("Tapahtuman millisekunnit: 'i_Event_ms'")
      @c=CONSOLE_OUTPUT("Katkaisijan tilatieto: 't_Source_ln'")
      @d=CONSOLE_OUTPUT("Vian Tyyppi: 't_Type'")
      @e=CONSOLE_OUTPUT("Laukaisutieto: 't_Trigger'")
      @f=CONSOLE_OUTPUT("t_Notation: 't_Notation'")
      @g=CONSOLE_OUTPUT("Vaihetieto: 't_Phase'")
      @h=CONSOLE_OUTPUT("Vikavirta: 'v'")

```

**Kuva 52. Vikapaketin tiedot**

Kuvassa 53 on esitettyä Notification-ikkunan antama informaatio, kun on manuaaltilassa simuloitu lopullinen laukaisu ylivirrasta. Simuloinnissa on aseteltu 1-vaiheinen vika ja suurimmaksi vikavirran arvoksi 65 A.



**Kuva 53. Vikatilanteen tiedot**

Vikapakettien siirrossa käytetään BDU\_FAULT:C-komentoproseduuria, joka siirtää MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmästä vikapaketin tiedot DMS 600 käyttökijärjestelmään. Komentoproseduuuri BDU\_FAULT:C sisältää komennoista koostuvan toiminnallisuuden, joka lähettää vikapaketit käytönvalvonnasta käyttökijärjestelmän tietokantaan.

### **7.2.2 Vikavirta-arvojen lukeminen suoraan suojaustoimilohkoilta**

Vikavirta-arvojen hakemiseen suojaustoimilohkoilta ei ole tässä työssä tehty erillisiä komentoproseduureja, vaan kyseinen tapa on selitetty seuraavassa vain sanallisesti.

Vikapakettien hakemiseen ja vikavirta-arvojen saamiseen REC 523-yksiköllä on olemassa myös toinen toteutustapa. Vikavirratt on tässä tapauksessa haettava suoraan REC 523-yksikön suunnatuilta DOC- (ylivirtasuojaus) ja DEF- (maasulkusuojaus) suojaustoimilohkoilta. DOC ja DEF-toimilohkoista löytyy kaksi asetteluporrasta, sekä ylemmälle että alemmalle suojausportaalle. Suojausportaista löytyy yhteensä kolme muistirekisteriä, joihin vikavirta-arvot tallentuvat aina silloin kun kyseinen suojausporras havahtuu. IEC-linjalla olevilta REC 523-ala-asemilta on saatavissa vikavirta-arvot transparent SPA-käskyillä.

Komentoproseduurissa on määriteltävä toiminnallisuus, joka hakee kaikki suojaustoimilohkojen muistirekisterien aikaleimat, joita on tässä tapauksessa yhteensä 18. Muistirekisterien aikaleimat sisältävät tapahtumien aikatiedot. Proseduurissa on asetettava REC 523-yksikön luettavien muistirekisterien SPA-osoitteet. SPA-osoite muodostuu toimilohkon numerosta, datan tyylistä sekä parametriin liittyvästä yksilöllisestä numeroinnista. /19/

Kuvassa 54 on esitettyä suunnatun ylivirtasuojastoimilohkon ensimmäisen muistirekisterin sisältämät SPA osoitteet.

[35V207] IL1 peak

[35V208] IL2 peak

[35V209] IL3 peak

IL1 peak	35V207	MMI,RST	Recorded data1	0.00...60.00	x In	0.00	Read	Retain	Momentary peak of IL1
IL2 peak	35V208	MMI,RST	Recorded data1	0.00...60.00	x In	0.00	Read	Retain	Momentary peak of IL2
IL3 peak	35V209	MMI,RST	Recorded data1	0.00...60.00	x In	0.00	Read	Retain	Momentary peak of IL3

#### Kuva 54. Muistirekisteri

Kun vikavirta-arvojen tiedot poimitaan suoraan suojaustoimilohkoilta, voivat arvot olla mitkä tahansa muistirekisterin kolmesta arvosta. Tästä johtuen vikavirta-arvojen hakemisessa on kaikkien muistirekisterien aikaleimoja vertailtava keskenään. Vertailulla saadaan selville uusin leima, jonka perusteella haetaan viimeisimmän päivittyneen muistirekisterin arvo. Komentoproseduureihin on siis rakennettava vertailu aikaleimoille, jolloin saadaan suojauslohkon viimeisimmän tapahtuman vikatiedot. Vertailun avulla saadaan selville lähimpänä lopullista laukaisua aikaleimaltaan olevat tiedot sekä vikavirta-arvot. /19/

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön alussa asetettiin tavoitteet, joiden mukaan oli perehdyttävä jakeluverkon keskeytyksiin ja niiden vähentämiskeinoihin, oli myös selvítettävä keski-jänniteverkon suojausperiaatteita sekä verkostoautomaation tiedonsiirtoprotokoliin ja kaukokäyttökommunikointiin liittyviä asioita. Tarkemmin työssä oli tutustuttava REC 523-yksikön toiminnallisuuteen ja MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmään. Tärkein tavoite työn ja erityisesti toimeksiantajan kannalta oli verkkokatkaisija-aseman liittäminen MicroSCADA-järjestelmään sekä kyseiseen käyttötarkoitukseen soveltuvan dialogin toteutus.

Opinnäytetyön käytännön toteutuksena syntyivät toimiva perustoiminnot sisältävä katkaisija-aseman dialogi, mikä saatiin tämän ajan puitteissa toteutettua. Kyseinen dialogi otettiin käyttöön ABB:n koulutustilojen demohuoneeseen. Dialogin toteutuksessa onnistuttiin tavoitteiden mukaisesti, mutta tiettyjä kehittämiskohteita, joiden avulla siitä tulisi käyttökelpoisempi, on jo osaksi havaittu. Luotua dialogia tullaan varmasti jatkokehittämään opinnäytetyön jälkeenkin. Yhtenä kehittämisen tavoitteena on, että kyseisestä dialogista voitaisiin jatkossa tehdä kirjastosovellus. Toiminnallisuus sisältäisi silloin myös esimerkiksi katkaisijan ohjausvalikon. Dialogin varsinaisen käytön myötä ilmenee varmasti lisää kehittämiskohteita ja myös ominaisuuksia, jotka täytyisi toteuttaa eri tavalla.

## 9 LOPPUSANAT

Opinnäytetyö oli kokonaisuudessaan opettavainen ja haastava kokemus. Suurimpia ongelmia työn suorittamisessa oli omien tietojen puutteellisuus työn vaativuustasoon nähden. Työssä käytettävä ja tutkittava MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmä ei ollut minulle entuudestaan tuttu, tästä johtuen ohjelman toiminnallisuuden opetteluun meni aikaa. Tämän lisäksi työssä tarvittavaa ohjelmointikokemusta minulla ei paljoakaan ollut, joten tämä osaltaan vaikeutti MicroSCADA-järjestelmässä käytettävän SCIL-ohjelmointikielen opettelua ja käyttöä. Edellä mainituista ongelmista kuitenkin selviydyttiin, ja työssä asetetut tavoitteet saavutettiin. MicroSCADA-kursseilla käymisen ja omatoimisen perehtymisen sekä ABB:n työntekijöiden neuvojen myötä MicroSCADA-järjestelmän toiminnallisuus tuli hyvin tutuksi työn aikana.

Tämän opinnäytetyön tekemisen aikana opin paljon hyödyllisiä asioita erityisesti käytönvalvontajärjestelmä MicroSCADAn toiminnallisuudesta sekä REC 523-yksiköstä. Pidän opinnäytetyön tekemiseen liittyvää prosessia erittäin opettavana kokemuksena.

## LÄHDELUETTELO

- /1/            ABB esite 2009. Verkkokatkaisija-asema
- /2/            ABB esite 2009. Älykkäät sähkönjakeluratkaisut-  
Vyöhykekonsepti, 1MRS756766 A
- /3/            ABB manuaalit 2005. IEC 60870-5-101 Remote Communication  
Protocol for REC 523, Technical manual
- /4/            ABB manuaalit 2006. COCB\_Circuit Breaker, 1MRS752348-  
MUM
- /5/            ABB manuaalit 2006. MicroSCADA Pro SYS 600 9.2, Visual  
SCIL Application Design, Configuration manual
- /6/            ABB manuaalit 2006. Valvonta- ja kauko-ohjausyksikkö REC 523,  
Tekninen ohje
- /7/            ABB manuaalit 2007. MicroSCADA Pro SYS 600 9.2, System  
Configuration, configuration manual
- /8/            ABB manuaalit 2008. MicroSCADA Pro SYS 600 9.2, Application  
Design, configuration manual
- /9/            ABB manuaalit 2008. MicroSCADA Pro SYS 600 9.2, Application  
Objects, technical manual
- /10/           ABB manuaalit 2009. OVR Outdoor Vacuum Reclosers 15–38 kV
- /11/           ABB. Teknisiä tietoja ja taulukoita – käsikirja, 4 Sähkön laatu [vii-  
tattu            6.4.2010]            Saatavilla            www-muodossa:  
<URL:[http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/c46d5509d325d21ac225695b002fb07b/\\$FILE/040\\_0007.pdf](http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/c46d5509d325d21ac225695b002fb07b/$FILE/040_0007.pdf)>.



- /12/ ABB:n verkkosivut. [viitattu 23.3.2010] Saatavilla [www-muodossa: <URL:http://www.abb.fi>](http://www.abb.fi).
- /13/ DNP User Group. Overview of the DNP3 Protocol [viitattu 20.4.2010]. Saatavilla [www-muodossa: <URL:http://www.dnp.org/About/Default.aspx>](http://www.dnp.org/About/Default.aspx).
- /14/ Energiamarkkinavirasto. Liite 1-menetelmät sähkön jakeluverkko-toiminnan tuoton määrittämiseksi 1.1.2008 alkavalla ja 31.12.2011 päättyvällä valvontajaksolla.
- /15/ Energiateollisuus. Keskeytystilasto-ohje 2007 v.3.2. [viitattu 13.4.2010] Saatavilla [www-muodossa. <URL:www.energia.fi/keskeytystilastointi>](http://www.energia.fi/keskeytystilastointi).
- /16/ IEC 60780-5-101. Second edition 2003-2. Telecontrol equipment and systems, Part 5-101: Transmission protocols – Companion standard for basic telecontrol tasks.
- /17/ IEC 60780-5-104. Second edition 2006-6. Telecontrol equipment and systems, Part 5-104: Transmission protocols – Network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles.
- /18/ Kumpulainen L. [ym.] 2006. Verkkovisio 2030 / TKK, LTY, TTY, VY.-Espoo:VTT
- /19/ Laikola, Raine, projekti-insinööri 14.6.2010. ABB Oy, Vaasa. Haastattelu
- /20/ Mäkinen, Olavi 2008. Relesuojaus, opetusmateriaali
- /21/ Perälä, Matti. Diplomityö. Vyöhykekonseptin soveltaminen osana toimitusvarmuuden parantamista- välikatkaisijatarkasteluja Koillis-Satakunnan Sähkö Oy:n verkossa. Tampere 2008

- /22/ SATELin verkkosivut. [viitattu 31.3.2010]. Saatavilla [www-](http://www.satel.com/)  
muodossa: <URL:<http://www.satel.com/>>.
- /23/ Viola Systems ltd 2005. Arctic IEC-104 Gateway, Arctic user ma-  
nual
- /24/ Viola Systems. [viitattu 25.3.2010]. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.violasystems.com/customerfiles/marketing/Arctic_IEC-104_Gateway.pdf)  
<URL:  
[http://www.violasystems.com/customerfiles/marketing/Arctic IEC-104 Gateway.pdf](http://www.violasystems.com/customerfiles/marketing/Arctic_IEC-104_Gateway.pdf)>.

# LIITTEET

## LIITE 1 MicroSCADAn tietokantaan luodut prosessipisteet

TUTOR [1] - Object Navigator

Object Edit View Options Data Help

Show External Applications

Filter: <no filter>

User-defined

LN	IX	UN	[OA]/IN	[OB]/EH	OI	OX
OVR3REC	10	10	8704	OVR		Station local/remote switch
OVR3REC_A1	10	10	706	OVR	B1 A1	Lopullinen laukaisu ylivirtasta
OVR3REC_A1	11	10	192	OVR	B1 A1	Suunnattu ylivirta I > havaituminen
OVR3REC_A1	12	10	193	OVR	B1 A1	Suunnattu ylivirta I > laukaisu
OVR3REC_A1	13	10	195	OVR	B1 A1	Suunnattu ylivirtan suuntatieto
OVR3REC_A1	14	10	2752	OVR	B1 A1	Suunnattu ylivirta I >> havaituminen
OVR3REC_A1	15	10	2753	OVR	B1 A1	Suunnattu ylivirta I >> laukaisu
OVR3REC_A1	16	10	707	OVR	B1 A1	Lopullinen laukaisu maasulusta
OVR3REC_A2	11	10	256	OVR	B1 A2	Suunnattu maasulku I0 > havaituminen
OVR3REC_A2	12	10	257	OVR	B1 A2	Suunnattu maasulku I0 > laukaisu
OVR3REC_A2	13	10	2816	OVR	B1 A2	Suunnattu maasulku I0 >> havaituminen
OVR3REC_A2	14	10	2817	OVR	B1 A2	Suunnattu maasulku I0 >> laukaisu
OVR3REC_A3	10	10	704	OVR	B1 A3	OVR hälytys
OVR3REC_A3	11	10	2179	OVR	B1 A3	Häiriöalennin lipaisu
OVR3REC_A3	12	10	2176	OVR	B1 A3	Häiriöalennimen muisti täynnä
OVR3REC_A3	13	10	4099	OVR	B1 A3	Vaihtojännitevika
OVR3REC_A3	14	10	4107	OVR	B1 A3	Akuston kunto
OVR3REC_A3	15	10	1923	OVR	B1 A3	IRF vika
OVR3REC_A3	16	10	4168	OVR	B1 A3	Ovikytimen tilatieto
OVR3REC_A3	17	10	4108	OVR	B1 A3	Heating Status
OVR3REC_AR	10	10	8320	OVR	B1 AR	Jälleenkytkentä päällä/pois
OVR3REC_AR	13	10	33600	OVR	B1 AR	Jälleenkytkennät päälle/pois ohjaus
OVR3REC_BT	10	10	8256	OVR	B1 BT	Suojausten lukitus päällä/pois
OVR3REC_BT	13	10	33536	OVR	B1 BT	Suojausten päällä/pois ohjaus
OVR3REC_CS	10	10	8394	OVR	B1 CS	Sammutettu verkko päällä/pois
OVR3REC_CS	13	10	33664	OVR	B1 CS	Sammutettu verkko päällä/pois ohjaus
OVR3REC_EF	10	10	8448	OVR	B1 EF	Maasulkusuojausten päällä/pois
OVR3REC_EF	13	10	33728	OVR	B1 EF	Maasulkusuojausten päällä/pois ohjaus
OVR3REC_JK	10	10	4400	OVR	B1 AR	Auto-reclosure ON/OFF (PJK)
OVR3REC_JK	11	10	4408	OVR	B1 AR	Auto-reclosure ON/OFF (AJK)
OVR3REC_JK	12	10	20481	OVR	B1 AR	Auto-reclosing in progress
OVR3REC_M1	10	10	19648	OVR	B1 M1	Current L1
OVR3REC_M1	11	10	19649	OVR	B1 M1	Current L2
OVR3REC_M1	12	10	19650	OVR	B1 M1	Current L3
OVR3REC_M1	13	10	19712	OVR	B1 M1	Neutral current I0
OVR3REC_M2	16	10	19776	OVR	B1 M2	Voltage U12
OVR3REC_M2	17	10	19777	OVR	B1 M2	Voltage U23
OVR3REC_M2	18	10	19778	OVR	B1 M2	Voltage U31
OVR3REC_M2	19	10	19840	OVR	B1 M2	Residual voltage U0
OVR3REC_M3	20	10	17394	OVR	B1 M3	Active power P
OVR3REC_M3	21	10	17395	OVR	B1 M3	Reactive power Q

Objects in View: 1..49 Total Number: 49

TUTOR [1] - Object Navigator

Object Edit View Options Data Help

Show External Applications

Filter: <no filter>

User-defined

LN	IX	UN	[OA]/IN	[OB]/EH	OI	OX
OVR3REC_M4	27	10	20752	OVR	B1 M4	Vikavirta L1
OVR3REC_M4	28	10	20753	OVR	B1 M4	Vikavirta L2
OVR3REC_M4	29	10	20754	OVR	B1 M4	Vikavirta L3
OVR3REC_M5	26	10	20224	OVR	B1 M5	Temperature
OVR3REC_M5	30	10	20225	OVR	B1 M5	Akuston jännite
OVR3REC_M5	31	10	20226	OVR	B1 M5	Pienin mitattu akuston jännite
OVR3REC_Q0	10	10	8832	OVR	B1 Q0	Breaker position indication
OVR3REC_Q0	13	10	35969	OVR	B1 Q0	Breaker command

Objects in View: 1..49 Total Number: 49